



Forsuaret

Bacheloroppgave

OPG3301

Predefinert informasjon

Startdato:	05-12-2022 09:00 CET	Termin:	2022 HØST
Sluttdato:	19-12-2022 08:00 CET	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Oppgave		
Flowkode:	1627 OPG3301 1 O 2022 HØST SKSK		
Intern sensor:	Alexander Sauter		

Deltaker

Naun:	Lauritz Kloster Hansen
Kandidatnr.:	
FHS-id:	lauhansen@mil.no

Gruppe

Gruppenavn:	Fjernstyringsmodul
Gruppenummer:	5
Andre medlemmer i gruppen:	Snorre Jørstad Daasuatn



Sjøkrigsskolen

Bacheloroppgave

Modul for fjernstyring av lettå

av

Hansen, Lauritz Kloster

Og

Daasvatn, Snorre Jørstad

Lvert som en del av kravet til graden:

BACHELOR I MILITÆRE STUDIER MED FORDYPNING I MARINEINGENIØR
VÅPENSYSTEMER, ELEKTRONIKK OG DATA

Antall ord:

Innlevert: 18.12.2022

Godkjent for offentlig publisering

Publiseringsavtale

En avtale om elektronisk publisering av bachelor/prosjektoppgave

Kadetten(ene) har opphavsrett til oppgaven, inkludert rettighetene til å publisere den.

Alle oppgaver som oppfyller kravene til publisering vil bli registrert og publisert i Bibsys Brage når kadetten(ene) har godkjent publisering.

Oppgaver som er graderte eller begrenset av en inngått avtale vil ikke bli publisert.

Jeg (Vi) gir herved Sjøkrigsskolen rett til å gjøre denne oppgaven tilgjengelig elektronisk, gratis og uten kostnader	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nei
Finnes det en avtale om forsinket eller kun intern publisering? (Utfyllende opplysninger må fylles ut)	<input type="checkbox"/> Ja	<input checked="" type="checkbox"/> Nei
Hvis ja: kan oppgaven publiseres elektronisk når embargoperioden utløper?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nei

Plagiaterklæring

Vi erklærer herved at oppgaven er mitt eget arbeid og med bruk av riktig kildehenvisning.

Vi har ikke nyttet annen hjelp enn det som er beskrevet i oppgaven.

Vi er klar over at brudd på dette vil føre til avvisning av oppgaven.

Dato: 18-12-2022

Snorre Jørstad Daasvatn

Lauritz Kloster Hansen

Forord

Denne oppgaven har blitt skrevet i perioden august til desember 2022 av Lauritz Kloster Hansen og Snorre Jørstad Daasvatn. Oppgaven skrives som en avslutning på studiet bachelor i militære studier med fordypning i marineingeniør våpensystemer, elektronikk og data

Et ønske om å lage en praktisk oppgave basert mest mulig direkte på det vi har lært i løpet av skolegangen førte til valget av å konstruere en fjernstyrt plattform. Oppgaven baserer seg på utvikling, prosjektering og testing av en fjernstyringsmodul som skal tilrettelegge for fjernstyring av lettbåter.

Vi ønsker å takke alle som har bidratt til å gjøre denne oppgaven mulig å gjennomføre. Vi ønsker også å rette en spesiell takk til veilederteamet vårt som har bestått av Frode Wikne, som har støttet med mekaniske konstruksjoner og all 3D-printing, Tor Loddengaard, som har vært en stor støttespiller med planlegging og problemløsning underveis i utarbeidelsen, og hovedveileder Alexander Sauter, som har bidratt under alle deler av prosjektutvikling og oppgaveskriving. Hjelpen deres har vært uvurderlig.

I tillegg ønsker vi å takke FMA, som har bistått med å låne bort noen deler til fjernstyringen.

Bergen, Sjøkrigsskolen, 18-12-2022

Snorre Jørstad Daasvatn

Lauritz Kloster Hansen

Sammendrag

I forbindelse med krigen i Ukraina har det blitt veldig synlig at mulighetene for å oppnå stor effekt ved bruk av enkle og billige midler er mange, enten det er våpenleveranse, informasjonsinnhenting eller andre formål. Enkle droner som kan anskaffes i det sivile markedet har eksempelvis blitt brukt til rekognosering og ildledning, men også fått påmontert våpen og eksplosiver som tillater operatøren å stå på trygg avstand fra eventuelle mål. Det er enkelt å se for seg at disse prinsippene også vil kunne ha stor påvirkning i det maritime domenet.

Denne oppgaven utforsker dermed muligheten for å utvikle en modul som kan brukes til å gjøre eksisterende lettbåter i sjøforsvaret fjernstyrte. Modulen skal være i en størrelsesorden som kan håndteres av et enkeltmenneske, med enkel montering og demontering på den aktuelle plattformen. Fjernstyringen skal dekke de grunnleggende funksjonene som må til for å styre plattformen, som hovedsakelig innebærer pådrag, gir og rorutslag. I tillegg vil det være nødvendig med noe input til operatøren fra omgivelsene, og det kan dermed være nødvendig med en GPS-posisjonering og en kamerastrøm av omgivelsene. Det vil også være nødvendig med noen sikkerhetsfunksjoner utover dette. I tillegg er et mål å konstruere modulen med så lav kostnad som mulig.

Modulen er konstruert slik at man kan styre pådrag og rorutslag med forholdsvis god presisjon, og tiden fra minimums- til maksutslag er noe raskere enn ved manuelle bevegelser i normal drift. Tiden som brukes til å endre gir-posisjon er derimot noe lenger enn ved manuelt bruk, som vil kunne sette en viss begrensning på manøvreringsevne ved eksempelvis tillegging til kai. I høyere hastigheter vil dette derimot ha liten innvirkning på manøvreringsevnen, ettersom man stort sett har giret i fremover. Utover dette krever modulen en viss kjennskap til systemet for å kunne opereres. Mulige områder for videre utvikling er dermed videreutvikling av HMI og funksjoner som begrenser brukerrelaterte feil på drift. I tillegg vil implementering av alternative sensorpakker kunne øke kompleksiteten på oppgavene som kan løses med fjernstyringsmodulen, som kan være interessant å utforske videre.

Forord	ii
Sammendrag.....	iii
Figurer	1
Forkortelser	3
1 Innledning	2
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Mål.....	4
1.3 Problemformulering	4
1.4 Avgrensninger	5
1.5 Metode.....	5
1.6 Struktur.....	5
2 Konseptutvikling.....	7
2.1 Systemstruktur.....	7
2.2 Lettbåter i sjøforsvaret.....	8
2.3 Valg av aktuatorer	10
2.4 Sensorer	15
2.5 Programmerbar Logisk Styring	17
2.6 Grensesnitt mellom bruker og styresystem – Komponenter	18
2.7 Grensesnitt mellom bruker og styresystem – Programmering	20
2.8 Dataoverføring.....	21
2.9 Samling som styringsmodul	22
2.10 Sikkerhetsfunksjoner	23
3 Implementering.....	25
3.1 Montering og endringer på RIB	27
3.2 Aktuatorer.....	29
3.3 Sensorer	37
3.4 Batteri og strøm	41
3.5 Programmerbar Logisk Styring	41
3.6 Raspberry Pi – Node-RED	43
3.7 GPS – Posisjonering.....	44
3.8 Brukergrensesnitt.....	46
3.9 Dataoverføring.....	47

4	Tester	49
4.1	Harbor Acceptance Test	49
5	Drøfting	54
5.1	Kostnad.....	54
5.2	Funksjonalitet	56
5.3	Overførbarhet til andre fartøy.....	59
6	Konklusjon med anbefaling.....	62
7	Referanser	64
8	Vedlegg	66
8.1	Budsjett og deler.....	66
8.2	ORM Fjernstyrt RIB testkjøring.....	67
8.3	WAGO e!cockpit program (PLS).....	69
8.4	Node red vedlegg.....	75
8.5	Koblingskjema	80
8.6	Tabell over funksjoner ved HMI	82

Figurer

Figur 2.1: Overordnet struktur på systemet.....	7
Figur 2.2: RIB - Rigid Inflatable Boat (t.v) og Sjøbjørn MK3 (t.h) (Maritime Partner, 2022).....	8
Figur 2.3: oversikt over komponenter i vannjet (Progress Ingeniørfirma AS, 2022) Bildetekst: Bildet viser et vannjet aggregat, styredysen justerer styrbord og babord retning, reverseringskjoldet justerer fremover eller akterover retning på vannstrøm, gir og pådrag styres på motoren.	9
Figur 2.4: Bilder av en vannjet (t.v) (Progress Ingeniørfirma AS, 2022) og en påhengsmotor (t.h) (Sandpoint Marine & Motorsports, 2022).....	10
Figur 2.5: Gangen i styring, fra styremodul til mekanisk bevegelse.....	10
Figur 2.6: Illustrasjon av styrekonsoll med wirestyrt gir og pådrag. Ved spakposisjon utover +/- 32 grader er giret i rett posisjon til å kjøre fremover/bakover. Ytterlige økning i vinkel kontrollerer pådraget. (Vevor , 2022).....	12
Figur 2.7: Separate sylindere som styrer hver sin wire	13
Figur 2.8: Polaritet på spenning styrer om en sylinder beveger seg ut eller inn	14
Figur 2.9: Virkemåte til relé, med styrestrøm (A1 og A2), hovedstrøm (11 og 12) og jord (14). (Distrelec Schweiz AG, 2022)	15
Figur 2.10: Tilbake-lesning fra mekanisk bevegelse til styremodul.	15
Figur 2.11: Illustrasjon av et lineært potensiometer. Den grønne firkanten har mulighet til å slide i begge retninger basert på hvor den er posisjonert på den faste lederen, og motstanden vil endre seg lineært fra f.eks. 0-5kOhm. Dette kan brukes til å lese ut en fysisk posisjon, da den grønne sliden beveger seg sammen med den mekaniske bevegelsen fra en aktuator.	16
Figur 2.12: PLS med tilhørende moduler.....	17
Figur 2.13: Bilde av kamera som brukes.....	19
Figur 2.: Illustrasjon av noder i Node-RED som eksempel. Her er data som kommer inn fra GPS, en funksjon (change-node) som henter ut en spesifikk del av datapakken, så funksjon som gjør om fra m/s til knop, for så å leses av på brukergrensesnittet («speed»).	20
Figur 2.	21
Figur 3.1: Oversikt over hele modulen, slik den ble gjennomført i praksis	25
Figur 3.2: Casing med styringskomponentene og hurtigkoblinger på siden. Oversikt over oppkobling finnes i koblingskjema, vedlegg 8.5	26
Figur 3.3: Hydraulikkpumpe montert under styringskonsollen	27
Figur 3.4: Brakett med sylindre og påsatt wire montert under original spak.	28
Figur 3.5: Hurtigkoblinger mellom ledningsnettverket og styringsmodul. Kablene fører til aktuatorene og det originale ledningsnettverket.....	29
Figur 3.6: Pumpen som benyttes til fjernstyring. Pumpen er montert under styringskonsoll, og skjermet for det verste av vær og sjø. De tre slangene som går ut fra pumpen er hydraulikkslanger som kobler pumpen sammen med originale rattpumpen. Slangene går til styrbord og babord retning, den siste går til tank. Bilde t.v. (Marineshop AS, 2022)	30

Figur 3.7: Prinsippskisse av hydraulisk styresystem i fartøyet. A1 er pumpe- side, mens A2 er rattside. Mellom A1 og A2 ligger eller porten som består av en ventil som åpner retning på oljestrøm fra den siden med mest kraft. Hydraulikkpumpe- enheten består av komponentene innenfor den firkantede boksen. Boksen med røde forkanter skisserer tanken, den ligger plassert internt i rattpumpa. (Loddengaard, 2022)	31
Figur 3.8: Brakett med tilhørende sylinder	32
Figur 3.9: Parallellkobling av ledningsnett	32
Figur 3.10: Et utdrag av noen reléer i systemet, samt tegning av hvordan de fungerer. Reléet har inngang for styrestrøm på A1+ og A2-, Utgang 14 er NO, 11 er COM- common connection altså felles tilkobling for 14 og 12. 12 er NC – normally closed. Bilde t.h. (Distrelec Schweiz AG, 2022).....	33
Figur 3.11: Illustrasjon av hvordan reléene kobles.	34
Figur 3.12: Illustrasjon av krets til dødmannssnor.....	35
Figur 3.13: Bilde av dødmannsknapp laget med magnetbrytere.....	36
Figur 3.14: Bilde av fastmontert potensiometer på motor	38
Figur 3.15: Brakett for å feste potensiometeret til motor-staget.	39
Figur 3.16: Potensiometer på pådrags-aktuator, med to tannhjul.	40
Figur 3.17: Påmontert lineært potensiometer for å styre gir	40
Figur 3.18: Illustrasjon av hvordan tastene d og a brukes til å styre variablene som svinger motoren mot babord eller styrbord, se vedlegg X for hele det reelle programmet.....	44
Figur 3.19: node-RED kjører de aktuelle kommandoene ved hjelp av exec-noder	45
Figur 3.20: Øverste linje er koblingen mellom gps-dataen og brukergrensesnitt, som gjør at posisjonsdataen skrives inn på kartet. Linjen under er tilordning av navn før dataen går inn i kart. De siste to filtrerer ut fart og kurs og setter det inn på brukergrensesnitt	45
Figur 3.21: Brukergrensesnitt med kamerastrøm til venstre og panel til høyre. Bildet er tatt under tørr-testing.	46

Forkortelser

API – Application Programming Interface

FFI – Forsvarets Forskningsinstitutt

GPS – Global Positioning System

HAT – Harbor Acceptance Test

HMI – Human Machine Interface

LAN – Local Area Network

NM – Nautiske Mil

NO/NC – Normally Open / Normally closed

PLS – Programmerbar Logisk Styring

RIB – Rigid Inflatable Boat

RPI – Raspberry Pi

SAT – Sea Acceptance Test

SKSK - Sjøkrigsskolen

VPN – Virtual Private Network

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Dagens teknologiske utvikling går raskere enn noen gang. I artikkelen *Fremtidens autonome ubemannede kapasiteter i Sjøforsvaret* (Hareide, et al., 2018) drøfter forfatterne hvordan krig og det militære fagfeltet historisk sett har ligget langt fremme i utviklingen av ny teknologi. Teknologien har ofte blitt utviklet i en militær kontekst for så å vise seg å være svært relevant i andre deler av samfunnet. I nyere tid har utviklingen snudd, hvor det sivile markedet i større grad er drivkraften innen utvikling av ny teknologi. «[...] en ser i dag stadig mer avanserte systemer bli satt i drift. Teknologien er i hovedsak drevet frem av sivile kommersielle krefter» (Hareide, et al., 2018). I lys av dette kan man trekke linjer til at Sjøforsvaret har et behov for å investere i ny teknologi, og gjerne ser utenfor egen organisasjon for løsninger. Med den raske utviklingen innen IKT og autonomi kan investeringer bli dyre, for så å potensielt bli forbigått av nyere teknologi etter kort tid. Et alternativ er å benytte tilgjengelig sivilt materiell, såkalt hylleware, og kombinere det med allerede eksisterende materiell i Sjøforsvaret. I en publisasjon fra FFI konkluderes det med at «En økning av andelen hylleware [...] vil gi gevinster på minst 150 millioner kroner årlig» (Presterud, Øhrn, & Berg, 2016), som understreker hvor mye som kan spares inn av kostnader ved å benytte hyllevarer kontra spesialutviklet materiell. Disse løsningene vil kunne være enklere å skaffe, men også billigere enn militære alternativer, ettersom hyllevarer gjerne kjennetegnes av tilgjengelighet og relativt lav pris.

I forbindelse med krigen i Ukraina har det blitt veldig synlig at mulighetene for å oppnå stor effekt ved bruk av enkle og billige midler er mange, enten det er våpenleveranse, informasjonshenting eller andre formål. Enkle droner som kan anskaffes i det sivile markedet har eksempelvis blitt brukt til rekognosering og ildledning, men også fått påmontert våpen og eksplosiver som tillater operatøren å stå på trygg avstand fra eventuelle mål. Det er enkelt å se for seg at disse prinsippene også vil kunne ha stor påvirkning i det maritime domenet. Den norske marinen er preget av svært store investeringer i relativt få skip, og det vil ha store konsekvenser dersom noen av disse skulle gå tapt. Basert på dette vil det følge store fordeler med å kunne supplementere en dyr marine med billig, tilgjengelig og effektiv teknologi som kan redusere risiko på både utstyr og personell.

Utviklingen av autonome og fjernstyrte plattformer er teknologi som kan åpne for mange nye muligheter innen militær sektor, men slik teknologi kan i mange tilfeller forbindes med høye kostnader og ressurser for bruk og vedlikehold. Anskaffelsen av slik teknologi kan på sin side føre til at en rekke oppgaver kan løses med mindre personell og mindre belastning på dette personellet. Kompleksiteten på disse oppgavene vil kunne finnes langs hele spekteret, med tilsvarende økende krav til kompleksitet på systemene. FFI utvikler i samarbeid med Sjøforsvaret og Kongsberg Gruppen et system for autonom minerydding, som består av mindre, ubemannede båter. «Disse båtene kan operere autonomt, og jobbe effektivt på egen hånd. De er utstyrt med avanserte sensorer som radar, lidar og kamera» (Forsvarets forskningsinstitutt, 2022), og er altså et system som skal kunne operere selvstendig i et risikofylt område uten å utsette personell for denne risikoen. Dette vil være teknologi som er på den mer komplekse delen av skalaen, og selv om mange av fordelene ved dette konseptet er relativt åpenbare er det også mulig å se for seg at det blir forholdsvis kostbart.

I forbindelse med anskaffelse av autonome plattformer har sjøforsvaret uttalt at de ønsker å redusere tilstedeværelse av personell på plattformer av to årsaker: «1. å redusere risiko for mennesket. 2. at mennesket ikke skal være en restriksjon på operasjonen (utmattelse, sløvheter, behov for mat/drikke etc).» (Hareide, 2018). I tillegg følger flere andre fordeler som en konsekvens av systemene, for eksempel at avstand til diverse situasjoner kan gi overskudd og mindre psykisk belastning på operatøren. Som eksempelet med mineryddingskonseptet er det mulig å se for seg at de funksjonelt sett beste systemene for å dekke slike behov også blir dyre, enten det er helt eller delvis autonome systemer. Slike systemer kan derimot fort bli så dyre og ressurskrevende at det vil være ugunstig å også løse oppgaver på en lavere del av skalaen på denne måten. Dermed vil billigere og enklere systemer som fjernstyres kunne være et godt supplement til de dyrere og mer avanserte systemene.

Det er ikke bare risikofylte oppgaver som det kan være gunstig å erstatte med fjernstyrte eller autonome systemer. Lettbåter kan for eksempel benyttes til å undersøke uoversiktlig terreng, eller frakte personell fra fartøyet. På havet kan derimot vær og vind raskt kunne bli en belastning på personell, som gjør at selv mindre oppgaver som dette kan være krevende. En fjernstyrt plattform som baserer seg på ressurser som allerede eksisterer i forsvaret vil fort kunne ta seg av slike mindre oppgaver, der man ikke kan prioritere bruken av de mer omfattende systemene. Videre kan man for eksempel se for seg at en fjernstyrt lettbåt uten personell om bord enkelt kan utrustes med et vidt spekter av sensor- eller våpenpakker, og dermed kan benyttes til å løse et utvalg oppgaver som ellers ville vært risikofylt eller belastende for personell.

Det er også mulig å se for seg at en del av disse oppgavene kan løses med fartøy som i utgangspunktet fungerer, men som av forskjellige årsaker ikke bør bære personell, og man kan på denne måten få mest mulig ut av ressursene sjøforsvaret besitter. Det kreves ikke nødvendigvis store modifikasjoner på et fartøy for å kunne fylle det med eksplosiver og styre det mot et mål, eller å kjøre gjennom en tenkt barriere. Ved å utstyre en lettboat som ellers er avhendet fra operativt bruk med en enkel fjernstyring kan denne båten dermed utføre en rekke oppgaver som ellers ikke ville vært mulig. En enkel form for fjernstyring kan bestå av så lite som en måte å styre roret på, samt styring av pådrag og gir. Dette kan være nok for å utføre de aller enkleste oppgavene, som nevnt over. Fra dette nivået kan man bygge på flere funksjoner for å kunne øke kompleksiteten til oppgavene, for eksempel en GPS og kamera for å kunne utforske områder utenfor synsrekkevidde, eller en sensorpakke som tilrettelegger for at man kan sette en rute som båten kan patruljere med videooverføring.

Sjøforsvaret innehar en rekke forskjellige typer småbåter, men på et grunnleggende nivå har båtene ganske like funksjonsmåter. De består som regel av en eller annen form for hydraulisk styring av ror og motor, som kontrolleres med et ratt. Videre vil det gjerne være en form for mekanisk prosess som styrer gir og pådrag, og noen elektriske signaler som styrer start, stopp og tilsvarende funksjoner. Basert på dette går det an å se for seg at det er mulig å utvikle en generell løsning som kan benyttes på de forskjellige småbåtene for å gjøre dem fjernstyrte, og som med relativt grunnleggende funksjoner ikke behøver å være spesielt kostbar.

1.2 Mål

Hovedmålet med denne oppgaven er å modifisere en plattform slik at den blir fjernstyrt, i den hensikt å se hvor enkelt og billig det er mulig å få det til å bli. Graden av fjernstyring vil hovedsakelig begrenses til styring i sanntid, med de samme funksjonene som er tilgjengelig når man styrer en båt manuelt. Videre skal plattformen primært kjøres innenfor synsrekkevidde, eller svært oversiktlige forhold utenfor dette. I tillegg er målet at modifiseringen skal kunne gjøres med et bærbart sett, som kan fraktes og monteres uten omfattende utstyr, og som kan tilpasses forskjellige plattformer.

1.3 Problemformulering

Vi vil undersøke mulighetene for å bygge en modul som kan anvendes på allerede integrerte lettboater i sjøforsvaret. Modulen skal bestå av alle delene som er nødvendige for å gjøre en

lettbåt fjernstyrt, og oppgaven vil undersøke hvor billig man kan gjennomføre dette samtidig som at den har et fokus på overførbarhet til andre plattformer. Det skal være et system som er enkelt å transportere og har plass i en bærbar casing, inkludert eksterne aktuatorer. Aktuatorene må være i en størrelsesorden og plassert slik at de ikke hindrer normaldrift, og enkelt skal kunne håndteres av én person. Videre skal modulen være forholdsvis enkelt å montere og demontere, med færrest mulig permanente endringer på båten.

1.4 Avgrensninger

Bacheloroppgaven er begrenset til et budsjett på 20 000 kr. Noe utstyr kan lånes fra sjøkrigsskolen, og eventuelt fra FMA om nødvendig. Da vil verdien i prosjektet kunne overskride budsjettet. En del av målet med oppgaven er derimot å utforske hvor billig man kan gjøre modulen, som betyr at budsjettet ikke er en kritisk begrensning.

Det har ikke vært mulig å anskaffe en tilsvarende lettbåt som brukes i operative avdelinger i sjøforsvaret for oppgaven. Vi benytter derfor en RIB sjøkrigsskolen eier for å konstruere modulen. RIB-en er funksjonelt sett satt sammen forholdsvis likt som operative RIB-er i avdelingene, og er derfor en god erstatning med hensyn til fremdrift og styring.

1.5 Metode

Den første utfordringen som løses i forbindelse med oppgaven er å finne en lettbåt som er tilgjengelig for å modifiseres. Videre blir oppgaven å identifisere aktuatorer som vil være nødvendig for å kunne fjernstyre båten. På dette stadiet er det viktig å identifisere hvilke komponenter som er kritiske og hvilke som er mindre viktige, ettersom produktet utvikles innenfor et forholdsvis strengt budsjett. Deretter følger implementeringen av modifikasjonene, samt instrumenteringen av de forskjellige komponentene. Først vil de fysiske aktuatorene bli montert, før programvaren utvikles rundt disse. Til slutt vil det gjennomføres tester med plattformen, for å bestemme måloppnåelsen til modulen. Testene vil være enten forholdsvis binære, ettersom en del funksjoner enten virker eller ikke virker, eller bestå av en subjektiv vurdering. Et mål på suksessgrad vil være å måle kjøreegenskapene opp mot kjøring ved normal drift av båten.

1.6 Struktur

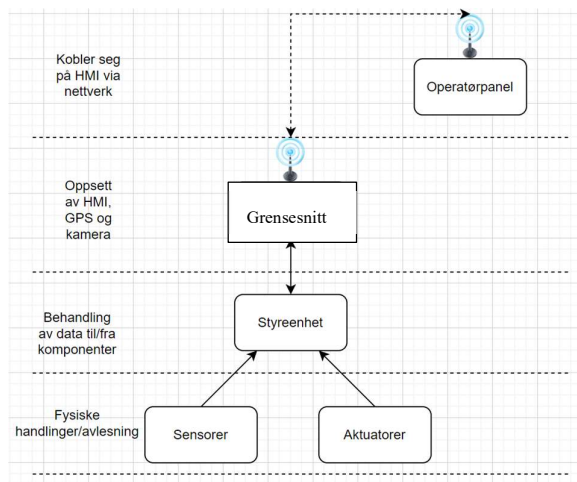
Oppgaven er strukturert som innledning, konseptutvikling, implementering, tester, drøfting og til slutt en konklusjon med videre anbefalinger. Under konseptutvikling går oppgaven inn på de

forskjellige komponentene som benyttes til å modifisere plattformen, med noe drøfting rundt fordeler og ulemper ved delene. Videre følger implementering, hvor den faktiske monteringen av delene beskrives. Etter implementering vil de forskjellige testene som gjøres på produktet beskrives, og resultatene redegjøres for. Deretter kommer drøftingsdelen, hvor resultatene av testing og implementering drøftes opp mot problemstillingen for oppgaven. Til slutt kommer en avslutning, hvor oppgaven konkluderes med noen tilhørende forslag til videre arbeid på produktet. Det er ingen designert del forbeholdt relevant teori til oppgaven, ettersom oppgaven er av en svært praktisk karakter. Den teorien som er viktig i tilknytning til komponentene blir derfor redegjort for under konseptutvikling. Relevante dokumenter som kildekode, budsjett og koblingsoversikt er vedlagt som vedlegg.

2 Konseptutvikling

2.1 Systemstruktur

Systemet skal bli bygget opp hierarkisk, hvor nederste nivå vil bestå av aktuatorer og sensorer, og øverste nivå er brukergrensesnittet til operatøren. Dataen fra sensorene tas opp i en styreenhet som vil kunne behandle dataen fra laveste nivå. Dette innebærer å lese av dataen fra sensorer og sende styresignaler til de forskjellige aktuatorene, samt å sende og motta data oppover i hierarkiet. Neste steg i systemet blir grensesnittet mellom bruker og system, som vil motta data fra styreenheten i tillegg til å behandle eventuelle ekstra komponenter som GPS-data og kameraoverføring. Dette grensesnittet vil også brukes til å sette opp en HMI, og vil på denne måten bli endepunktet til dataen sendt fra nederste nivå. HMI-en vil gjennom denne stigen motta informasjon og sende kommandoer ned til laveste nivå igjen. Slik dette er satt opp vil hele systemet være plassert om bord på plattformen som skal styres, med kun en datamaskin som brukes som operatørpanel fra avstand.



Figur 2.1: Overordnet struktur på systemet

2.2 Lettbåter i sjøforsvaret



Figur 2.2: RIB - Rigid Inflatable Boat (t.v) og Sjøbjørn MK3 (t.h) (Maritime Partner, 2022)

Blant lettbåtene som brukes på de forskjellige fartøyene i sjøforsvaret finner man både et utvalg RIB-er og Sjøbjørn, hvorav Sjøbjørn er det som er aller mest brukt. Til tross for at det er forskjellige type RIB-er vil lettbåtene i utgangspunktet ha forholdsvis lik funksjonsmåte, som gjør at de her omtales som én type fartøy. Den største forskjellen på fartøystypene er at en Sjøbjørn har vann-jet, som vil si at den har et inntak for vann som den dytter ut med fart. RIB-ene har på sin side gjerne en påhengsmotor med en propell som «graver» seg fremover i vannet. Med hensyn til styring av rorutslag er de derimot prinsipielt like ved at begge typene har et hydraulisk styresystem. Pådrag er wirestyrt på begge fartøystypene, som vil si at man trekker/dytter i en wire som mekanisk endrer pådraget på motoren. Det er derimot en forskjell på gir, hvor Sjøbjørnen har elektronisk styrt gir og RIB-er har mekanisk wirestyring. Det vil i praksis si at det kreves en ekstra aktuator for å drifte gir på en RIB med mekanisk wiregir, hvor man på en Sjøbjørn vil kunne koble seg på elektronisk. Ved eldre utgaver av sjøbjørnen er derimot ikke giret elektronisk, og man vil ha samme behov for aktuator.

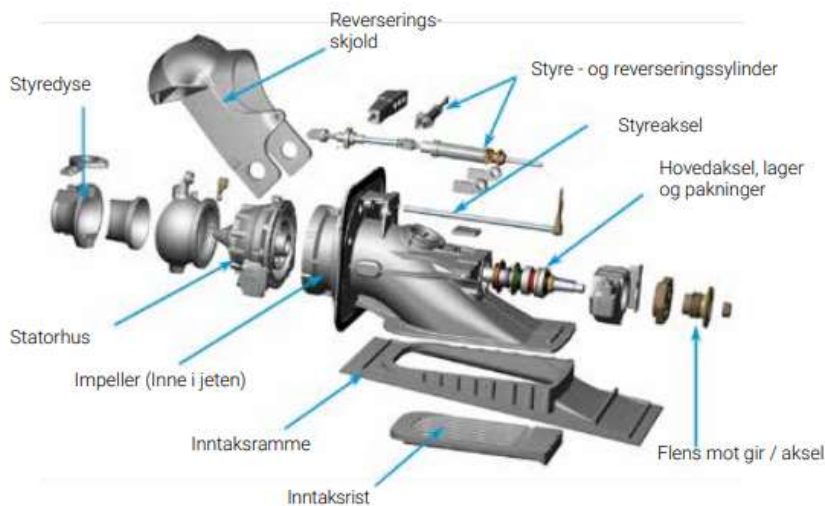
Prinsipielt er det mange likheter mellom styring av Sjøbjørn og en RIB. Der det er mekanisk overføring via wire vil prinsippene være like for å overføre kraft, men Sjøbjørnen har noen allerede innebygde aktuatorer som gjør at det på noen steder vil forenkle styringen av fartøyet.

Når det kommer til fremdriftslinje er den største forskjellen at en Sjøbjørn endrer retning med reverseringsskjoldet og styredysen, noe som gjøres mens båten enda har drift på vann gjennom

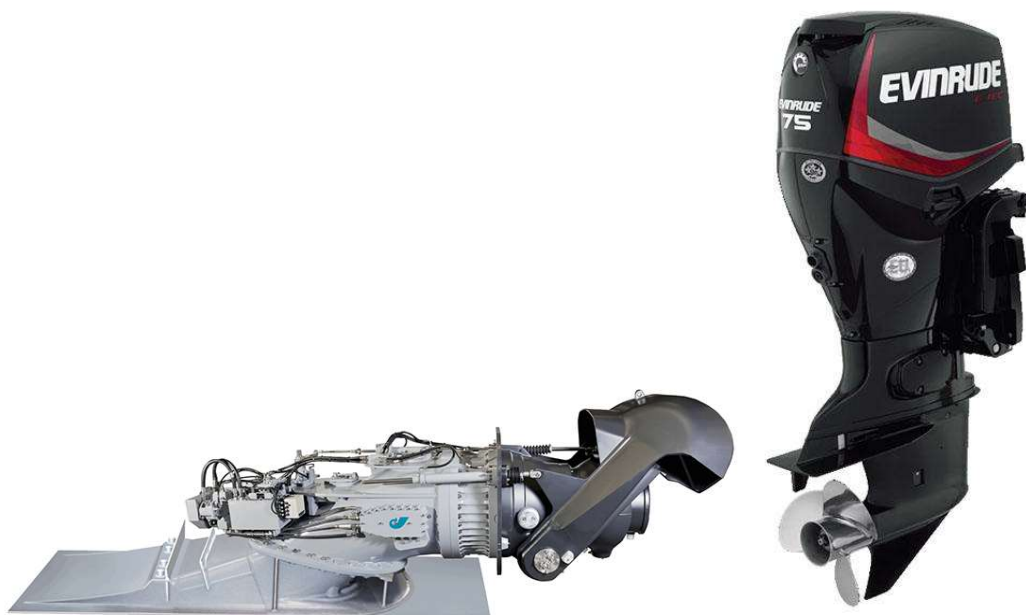
systemet. Dette gjør båten svært manøvrerbar. En RIB med påhengsmotor må derimot bytte gir, og derav retning propellen spinner. Det gjør at det blir en ekstra operasjon ved å bytte gir, samt at turtall må bygges opp på nytt.

I praksis vil dette si at det er en ekstra wire som kontrollerer gir på påhengsmotoren som må styres, men dette vil ha lite å si på overførbareheten mellom RIB og Sjøbjørn. For å oppsummere er det altså noen prinsipielle forskjeller i fremdrifts- og styringssystemet, men dette er likevel wirestyringer som kan kontrolleres forholdsvis likt ved hjelp av aktuatorer med samme funksjonsmåte. Videre er begge fartøyene relevante opp mot løsningen av problemstillingen til oppgaven, ettersom begge fartøystypene er å finne i sjøforsvaret. Det betyr i praksis at valg av fartøystype ikke utgjør noen stor forskjell på problemløsningen, og det beste alternativet blir derfor basert på tilgjengelighet, som i dette tilfellet er en RIB.

Forklaring på forskjell mellom påhengsmotor og vannjett:



Figur 2.3: oversikt over komponenter i vannjett (Progress Ingeniørfirma AS, 2022) Bildet viser et vannjet-aggregat, styredysen justerer styrbord og babord retning, reverserings-skjoldet justerer fremover eller akterover retning på vannstrøm, gir og pådrag styres på motoren.



Figur 2.4: Bilder av en vannjet (t.v) (Progress Ingeniørfirma AS, 2022) og en påhengsmotor (t.h) (Sandpoint Marine & Motorsports, 2022)

2.3 Valg av aktuatorer

For at båten skal kunne fjernstyres må de grunnleggende funksjonene for styring kontrolleres med mekaniske aktuatorer, som i praksis overfører digitale signaler til mekaniske handlinger. Disse funksjonene innebærer primært pådrag, gir og styring, hvor pådrag og gir er wirestyrte.



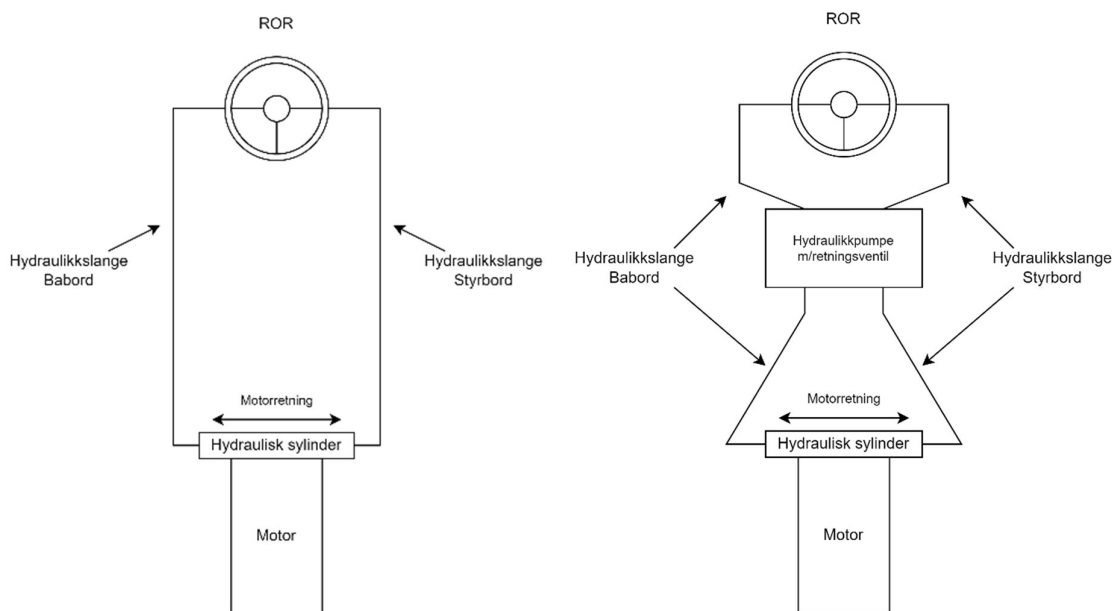
Figur 2.5: Gangen i styring, fra styremodul til mekanisk bevegelse

For å styre ror-utslaget på motoren er det primært identifisert to alternative metoder. Det første alternativet er å bruke en elektrisk sylinder, eller motor, som fysisk endrer posisjonen til motoren ved å skyve på den. Dette vil i så fall fungere som et alternativ til det hydrauliske ratt- og styringssystemet som allerede er montert med motoren, som betyr at denne løsningen vil motarbeide det originale styresystemet dersom de brukes samtidig. Dette må i så fall tas hensyn til

i programvare, ettersom de motarbeidende styringene kan føre til ekstra slitasje. Det andre alternativet er å bruke en hydraulisk pumpe som er tilpasset automatisk styring av hydrauliske systemer. Ved å velge en hydraulisk pumpe vil det være mulig å koble seg på det eksisterende hydrauliske styresystemet som brukes til rattet. På denne måten vil rattet kunne brukes som normalt så lenge det ikke foregår noen aktiv fjernstyring, og dersom det skulle gjøre det vil rattet og pumpen jobbe mot hverandre uten noen mer ødeleggende effekt enn ineffektiv styring.

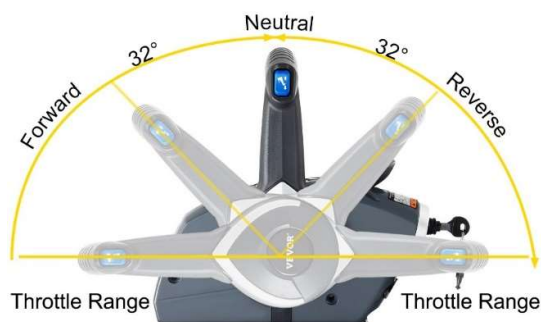
Fartøyet har allerede et lite hydraulisk styresystem. Det består av rattpumpe med ventiler, og en sylinder som er festet til motoren. Det er kraften operatøren bruker på rattet som skaper kraft til å horisontalt snu motoren styrbord eller babord. Rattet dytter hydraulikkolje den veien operatøren ønsker at motoren skal snu.

Ved å bruke en hydraulikkpumpe kan pumpen lage trykk slik at oljen kan dytte den hydrauliske sylinderen, på samme måte som snurring av rattet gjør. Motoren skal kunne svinge, som vil være mulig så lenge pumpen kan endre retning på trykket, som den gjør ved å pumpe olje styrbord eller babord.



Figur 2.6: originalt hydraulisk system (t.v.) og forslag til løsning på nytt hydraulisk styresystem med en fjernstyrt pumpe (t.h)

For at fartøyet skal få fremdrift må det være mulig å både skifte gir og gi pådrag til motoren. Slik fartøyet er satt opp i dag er det én styrekonsoll som justerer begge disse mekanismene. Det krever derfor kun én bevegelse fra fartøyet operator, som er illustrert i figur 2.7.



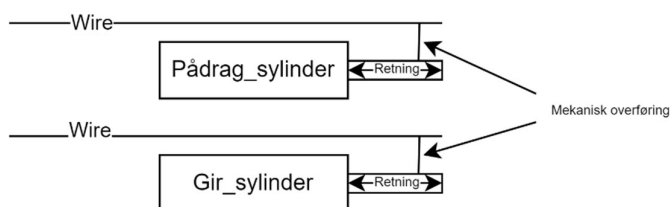
Figur 2.7: Illustrasjon av styrekonsoll med wirestyrt gir og pådrag. Ved spakposisjon ut- over +/- 32 grader er giret i rett posisjon til å kjøre fremover/bakover. Ytterlige økning i vinkel kontrollerer pådraget. (Vevor , 2022)

Den mekaniske bevegelsen til pådrag og gir blir overført via hver sin wire fra styringskonsollen. Dersom man skulle ønske å endre måten disse blir justert på er det begrenset med plass til å gjøre disse endringer inne i motoren. En slik endring kunne eksempelvis vært å montere en aktuator direkte på pådrag- og gir-mekanismen, som sitter på selve motoren. Det ville vært effektivt for plassbesparelse i båten, samt at det ville krevd svakere aktuatorer i form av at det blir friksjon og mer motstand ved kraftoverføring via wire. Men med lavt budsjett og for å holde systemet enkelt, med færrest mulige permanente endringer på båten, vil det fungere bra å bruke eksisterende wire. Alternativet som ble valgt er dermed å benytte to elektriske sylindere med lineære bevegelser til å styre wirene til gir og pådrag, ettersom dette også er simple bevegelser som er enkle å styre.



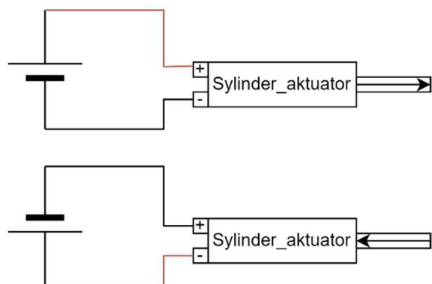
Tabell 2.1: styrekonsoll for pådrag og gir. Blå sirkel er wirefeste for pådrag, gul sirkel er wirefeste for gir.

Wirene må dras uavhengige av hverandre da det skal være mulig å øke pådrag i alle tre girposisjoner, samt at pådraget skal være null i alle bytter av posisjon til gir. Med basis i at det er wirestyringen av pådrag og gir som skal benyttes er det videre to alternative løsninger med tilhørende plasseringer av sylindere. Den første er å montere en sylinder på den allerede monterte kontrollboksen til pådrag og gir, hvor spaken undergår en sirkulær bevegelse. Dette krever kun én sylinder, men vil i tillegg kreve en avansert brakett på sylinderen ettersom kraften i den lineære bevegelsen til sylindren må overføres til den sirkulære spak-bevegelsen. Den andre måten er å fjerne wirene fra kontrollboksen og deretter skyve wirene i en lineær bane med sylindrene. Dette krever da to sylindere, som vil være en større kostnad. I tillegg vil det stille noe større krav til programmet som skal styre disse sylindrene, ettersom handlingene til en viss grad må koordineres. Den siste løsningen gir derimot også mer fleksibilitet og bedre kontroll, med hensyn til både programmering styring, noe vi anser som en klar fordel.



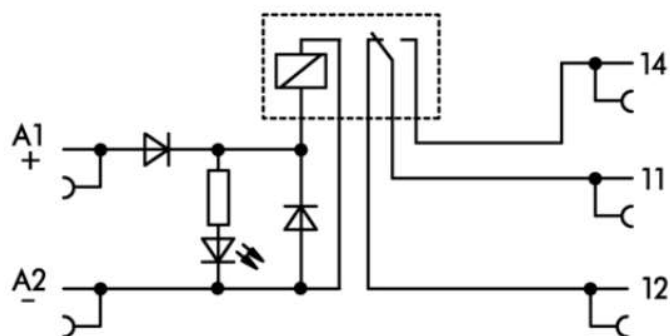
Figur 2.8: Separate sylindere som styrer hver sin wire

Måten en sylinder styres via digitale signaler er i dette tilfellet via spenningen på aktuatoren, hvor et digitalt signal gir sylinderen strømtilførsel. Retningen på bevegelsen er her også spenningsstyrt, som vil si at polariteten på spenningen styrer retningen aktuatoren beveger seg. Videre vil sylinderen styres med en ON/OFF styring, som vil si at sylinderen beveger seg med en kontinuerlig hastighet i den retningen polariteten tilsier, så lenge ON-signalet sendes. Sylinderen vil så stå i ro så lenge det er et OFF-signal, som i praksis gjør at strømtilførselen til sylinderen brytes.



Figur 2.9: Polaritet på spenning styrer om en sylinder beveger seg ut eller inn

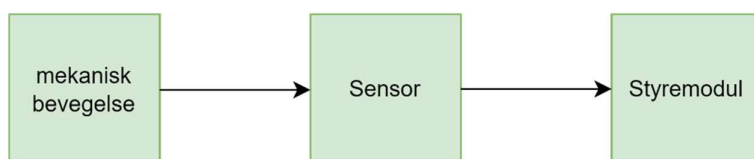
Når det kommer til installeringen av aktuatorene blir tilførselen av nok strøm en relevant problemstilling. Dette kommer av at sylinderen styres via strømforsyningen, enten den skal gå inn eller ut. Styresignalet fra styresystemet leverer ikke nok elektrisk effekt til å drive sylindrene. Aktuatorene krever gjerne mer elektrisk effekt, og dermed en høyere strøm. Det er derfor nødvendig med reléer. Et relé er en elektromekanisk enhet som fungerer som en elektrisk styrt bryter. Reléet har en styrestrøm og en hovedstrøm, hvor styrestrømmen styrer en magnetisk bryter. Den magnetiske bryteren fungerer slik at den mekanisk bryter lederen for hovedstrømmen. Reléer brukes der det krever en større mengde energi enn det som er praktisk å levere fra en styreenhet. Enkelt forklart vil det si at reléet bruker en mindre styrestrøm til å styre om en hovedstrøm skal gå eller ikke, hvor denne hovedstrømmen er da fra en separat strømkilde som leverer til aktuatoren.



Figur 2.10: Virkemåte til relé, med styrestrøm (A1 og A2), hovedstrøm (11 og 12) og jord (14). (Distrelec Schweiz AG, 2022)

2.4 Sensorer

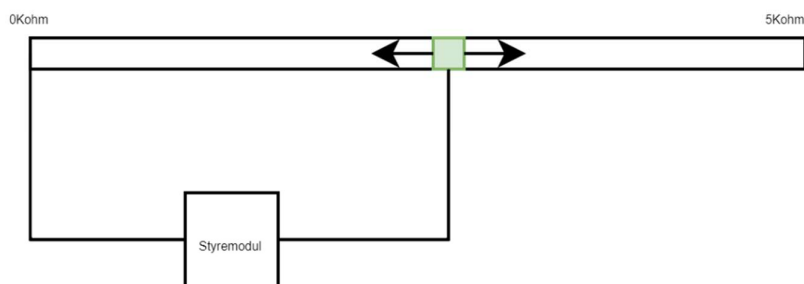
Det vil være behov for sensorer for å kunne gi data til styremodulen, slik at styremodulen og operatøren har et informasjonsgrunnlag for å kunne utføre styringen. Dette kan eksempelvis være data på posisjonen til sylindrene, eller ror-utslaget. Sensorene har en viktig funksjon ved å gi tilbakemeldinger til operatøren av systemet og sette begrensinger for aktuatorene. I kompendiet *Styresystem med måleteknikk* (Sauter, 2021) beskriver Sauter en delvis automatisert styring som en prosess hvor operatøren lukker sløyfen ved å handle basert på avlesningene, noe som vil være svært aktuelt ved en fjernstyring. Helt simpelt kan dette eksempelvis være at operatøren får en input om at fartøyet styrer mot et skjær, hvor operatøren aktivt må velge å styre unna. Noen handlinger kan derimot måtte styres automatisk, ved hjelp av sensorene. Dette kan for eksempel være begrensninger som styrer hvor langt en aktuator kan bevege seg uten å ødelegge noe, som i praksis betyr at operatøren ikke har mulighet til å styre aktuatoren forbi grensen.



Figur 2.11: Tilbakelesning fra mekanisk bevegelse til styremodul.

Skade kan skje ved at en sylinder har betydelig større kraft enn det en wire kan motstå, som gjør at man må sette en begrensning for å ikke ryke wiren. For å vite hvor man befinner seg i forhold til disse grensene er det dermed nødvendig med sensorer som forteller det til systemet og operatøren. Dette bidrar til at en prosess ikke medfører skader, enten ved å gi operatøren en tilbakemelding i en delvis automatisert prosess, eller ved å hindre handlingen i å skje automatisk. Et annet aspekt ved sensorene er at det er nødvendig i eventuelle reguleringsprosesser. Det er ikke vanskelig å se for seg at man i fjernstyringen vil benytte reguleringsteknikk for å eksempelvis kunne styre etter en kurs eller en spesifikk fart, og for å få til dette vil det være nødvendig med tilbakemeldinger på styringen.

Det finnes flere forskjellige typer sensorer, men for styringen av fartøyet vil det være mest relevant å bruke posisjonssensorer eller endebrytere. Posisjonssensor kalles også potensiometer, og består av en fast del og en bevegelig del. Den bevegelige delen endrer posisjon i forhold til den faste delen, og basert på hvor den bevegelige delen er posisjonert vil den endre motstand. Basert på den utleste motstanden vil en styringsmodul kunne tolke og omgjøre motstand til posisjon, og dermed få data på hvor i bevegelsen sensoren og aktuatoren befinner seg. Dette vil kunne være en relevant sensor i forbindelse med sylindrene som skal bevege seg lineært, og som må begrense bevegelsene.



Figur 2.12: Illustrasjon av et lineært potensiometer. Den grønne firkanten har mulighet til å gli i begge retninger basert på hvor den er posisjonert på den faste lederen, og motstanden vil endre seg lineært fra f.eks. 0-5kOhm. Dette kan brukes til å lese ut en fysisk posisjon, da den grønne sliden beveger seg sammen med den mekaniske bevegelsen fra en aktuator.

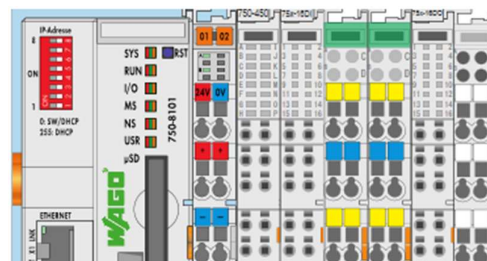
Endebrytere kan sammenlignes med en vanlig bryter som er av eller på, eller TRUE eller FALSE. Ved en bevegelse kan det være utplassert en endebryter i enden av en lineær bane.

Avhengig av konfigurasjonen er denne enten TRUE eller FALSE frem til den bevegelige komponenten når denne endebryteren. Når komponenten treffer bryteren vil en krets lukkes, og den mekaniske bevegelsen vil stoppe ettersom den har nådd sin ende av banen. Dette vil kunne fungere bra som et sikkerhetslag for å forsikre at ikke aktuatorer beveger seg for langt, og ødelegger systemer eller påfører skader på personell.

Basert på valg av aktuator som baserer seg på lineære bevegelser, altså sylindere, vil det være behov for sensorer som kan gi posisjonsdata på en lineær bane. Dette gjelder wirene, men også utslag på styring til motor, som er montert med et stag som motoren styres langs i en lineær bane, og hvor midtposisjonen tilsvarer null ror-utslag. Her vil det mest praktiske være lineære potensiometer som kan parallelt følge banen til wire og stag. Ideelt sett kunne man kombinert dette med endebrytere på samtlige lineære bevegelser, for å sikkert kunne forhindre ødeleggelse. Et alternativ til å bruke endebrytere er derimot å programmere inn grenser basert på verdiene som leses av fra potensiometrene. Ulempen med dette kontra endebrytere kan være at potensiometrene må være svært presise, og med hyppig avlesningsfrekvens, avhengig av hvilke funksjoner de skal lese av for. Dette blir primært en utfordring ved raske bevegelser, og kan i mange tilfeller løses ved at det legges inn margin i hver ende av bevegelsen, som igjen reduserer behovet for høy oppløselighet på potensiometeret. Ulempen med større margin kan i noen tilfeller være en mindre maksimal eller minimal ytelse på bevegelsen.

2.5 Programmerbar Logisk Styring

For å styre de forskjellige aktuatorene, samt å lese av verdier, benytter vi en programmerbar logisk styring (PLS). Alle sylindrene, knappene og sensorene vil fysisk kobles til PLS-en, som er hjernen i styresystemet. Denne vil fungere som første instans som mottar og behandler data, hvor noe kun vil benyttes på dette nivået og annet vil bli sendt videre oppover i hierarkiet. I tillegg vil den motta data fra nivået over som skal konverteres til fysiske handlinger. WAGO PLS-en vil fungere bra i dette konseptet, ettersom den gir mulighet til å ha både digitale og analoge inn- og utganger. I tillegg vil man kunne sette på flere moduler til PLS-en for å kunne styre eller lese av så mange verdier som er nødvendige. Dette vil i praksis si at PLS-en blir samlingspunktet for alle de fysiske prosessene som vil bli styrt av fjernstyringen, enten det er bevegelse av sylindere eller avlesning av poten-



Figur 2.13: PLS med tilhørende moduler

siometere. Videre vil man kunne programmere og styre mesteparten av de mekaniske operasjonene som skal utføres på samme system som mottar dataen direkte fra sensorene, noe som fjerner behovet for store mengder dataoverføring mellom diverse komponenter, og dermed reduserer tiden handlingene bruker.

PLS-en fungerer på den måten at man laster opp programmet slik at det ligger lokalt på systemet, som betyr at man kun trenger å være koblet til PLS-en når programmet utarbeides. Når programmet så er lastet opp vil PLS-en fungere uavhengig av nettverkstilkobling, noe som vil ha stor betydning for fjernstyringsmodulen i sin helhet. Etersom PLS-en vil være ansvarlig for all styring av fartøyet er det svært viktig at den er stabil og fungerer uavhengig av dekning, ettersom feil i forbindelse med pådrag og styring kan føre til stor skade på både personell og materiell. Videre er WAGO PLS-en også forholdsvis robust fysisk, som blir viktig i møte med fysiske vibrasjoner i fartøyet, eller bevegelse som konsekvens av sjø og bølger. Så lenge den ikke utsettes for vann vil PLS-en altså forutsigbart kunne styre fartøyet, innenfor rimelighetens grenser av utfordrende omgivelser.

WAGO PLS-en gir også mulighet til å sette opp sitt eget brukergrensesnitt, som kan fungere som et ekstra alternativ til hovedsystemet. Det vil gjøre at dersom noe skulle gå galt med grensesnittet som kobler brukeren og styresystemet vil man fortsatt kunne styre motorikken i systemet, selv om man vil miste de funksjonene som kobles direkte inn i RPI-en. På denne måten vil man kunne legge inn en redundans i systemet, som en alternativ styring dersom noe skulle gå galt.

2.6 Grensesnitt mellom bruker og styresystem – Komponenter

PLS-en kan gjøre mye når det kommer til fysisk styring og avlesning, men oppgaver utover dette vil kreve en annen komponent. For oppgaver som blant annet brukergrensesnitt, GPS avlesning og videooverføring anser vi en Raspberry Pi (RPI) som passende. En kompakt kretskort-basert datamaskin som en Raspberry Pi er en billig løsning som bør være kraftig nok til å kunne fungere som et slikt grensesnitt. RPI-en er en ettkortsdatamaskin som i utgangspunktet benytter operativsystemer basert på Linux, og som utover dette fungerer som en vanlig datamaskin med noe begrenset kapasitet. Raspberry Pi 3 model B+, som er tilgjengelig for oss fra skolen, er utrustet med fire USB-porter, ethernet port og HDMI utgang. Den har også en rekke «pins» som kan programmeres som inn- og utganger, og som i vårt tilfelle kan brukes til å

sammenkoble maskinen med en GPS. I tillegg har den en kameramodul-port, som enkelt tilrettelegger for videooverføring fra kamera. Basert på dette anser vi derfor RPI-en som ideell for dette prosjektet.

Komponentene som kobles opp til grensesnittet vil kunne variere ut ifra hvilket ambisjonsnivå man har til fjernstyringen. Dette kan for eksempel være en sensor som sier ifra når båten kommer for nærme en tilfeldig hindring, kameraer som gir mulighet til å se omgivelsene, eller GPS og AIS som gir mulighet for tryggere navigering. Basert på ambisjonsnivået om en forholdsvis grunnleggende fjernstyring blir det primært to komponenter som blir nødvendig å koble direkte inn i RPI-en, i tillegg til dataen som blir sendt fra PLS. Det vil være nødvendig å ha et kamera for å gi operatøren et sanntidsbilde av omgivelsene, og som vil supplere GPS posisjonering. Den andre komponenten blir da en GPS, som er helt nødvendig for å kunne fjernstyre båten over lengre avstander, eller eventuelt utenfor synsrekkevidde.

Når det kommer til videooverføring fra plattform til kontrollstasjon, må man ta stilling til hvor mye kameradekning man ønsker rundt fartøyet. Ideelt sett vil man ha en 360° dekning rundt plattformen, men dette vil ha stor innvirkning på dataoverføringshastigheten, ettersom videooverføring krever stor kapasitet. Det finnes forskjellige alternativer for komprimering og databehandling som vil gjøre dette mindre belastende på overføringen, men valg av dette er ikke noe vi kommer til å prioritere å utdype mer i denne oppgaven. Et alternativ er derimot å benytte et enkelkamera med vidvinkel for å få mest mulig oversikt over omgivelsene. Dette passer også godt opp mot målsetningen om at plattformen primært skal styres innenfor synsrekkevidde og/eller oversiktlige forhold. Et kamera som passer godt til denne oppgaven er *RPI WWCAM*, ettersom det er tilpasset bruk på RPI og er vidvinkel.

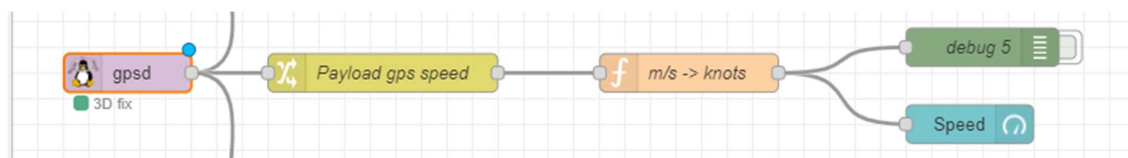


Figur 2.14: Bilde av kamera som brukes

Problemstillingen som angår GPS er hovedsakelig presisjon, som i dette tilfellet i stor grad vil basere seg på pris. Det er viktig med en viss grad av presis posisjonering, ettersom lettbåtene ofte manøvreres med relativt høy hastighet, innaskjærs hvor det kan være en del hindringer. Høyere hastighet vil kunne påvirke presisjonen, ettersom GPS-er som oftest ikke sender posisjon kontinuerlig, som gjør at høyere hastighet vil føre til et større avvik. Med denne oppgavens målsetning kan man allikevel argumentere for at man enkelt kan benytte en noe billigere GPS, som vil være presis nok til det formålet vi utvikler for. Vi benytter derfor GPS-modulen *Adafruit ultimate GPS Breakout v3*, som er forholdsvis billig, og tilgjengelig på Sjøkrigsskolen.

2.7 Grensesnitt mellom bruker og styresystem – Programmering

Når det kommer til programmering, er det flere alternativer for verktøy og språk. Node-RED er et programmeringsverktøy som er utviklet med den hensikt å koble sammen maskinvare, API-er og nettjenester. Programmet er bygget opp i forskjellige ferdigskrevne funksjoner (noder), som så brukes til å bygge en programstruktur med de forskjellige komponentene som skal benyttes. Det er i utgangspunktet basert på programmeringsspråket Javascript, og Node-RED har lagt inn funksjoner som gjør at man kan skrive og implementere egne noder/programmer utover de som allerede eksisterer. En stor fordel med dette verktøyet er i tillegg at det eksisterer et stort utvalg av biblioteker, med noder som er tilpasset mer spesifikke områder. Eksempler på dette er «node-red-dashboard» biblioteket som muliggjør oppsettet for både enkle og mer komplekse brukergrensesnitt, eller «node-red-contrib-opcua» biblioteket som muliggjør skriving til- eller lesing av variabler over nettverk mellom enheter som støtter OPC-UA kommunikasjonsprotokollen.



Figur 2.15: Illustrasjon av noder i Node-RED som eksempel. Her er data som kommer inn fra GPS, en funksjon (change-node) som henter ut en spesifikk del av datapakken, så funksjon som gjør om fra m/s til knop, for så å leses av på brukergrensesnittet («speed»).

Et positivt aspekt ved bruken av node-RED over andre språk er også at den visuelle strukturen som består av individuelle noder og koblinger mellom dem er svært oversiktlig, som gjør programmet lett å forstå og å gjenskape. Oppsummert anser vi altså node-RED som det ideelle programmeringsverktøyet for å utarbeide denne modulen.

2.8 Dataoverføring

For å fjernstyre plattformen er vi nødt til å ha en form for dataoverføring mellom en kontrollstasjon og båten. I prinsippet vil fjernstyring av en militær plattform stille store krav til stabilitet, og ikke minst datasikkerhet. Her avviker oppgaven vår noe fra virkeligheten, i den form at vi prioriterer enkelhet og tilgjengelighet over datasikkerhet. Vi baserer derfor fjernstyringen i modulen på mobildata, altså 4G. Slik dette vil benyttes i praksis er at det settes opp et nettverk om bord på plattformen, som brukes til å koble sammen de forskjellige komponentene lokalt. Nettverket om bord på båten vil også kobles til mobilnett, slik at det er mulig å sende data til og fra plattformen via internett. Fra kontrollstasjonen vil man så bruke en VPN-tjeneste for å koble seg på et nettverk som også modulen på båten er koblet på, og dermed kontrollere fjernstyringsmodulen eksternt som om man er i samme nettverk.

En utfordring ved bruken av mobilnett er at tilgangen med VPN blir noe begrenset. Ideelt sett ville man satt opp et nettverk om bord på båten, som kontrollstasjonen kan koble seg på, etter som dette gir en mest mulig direkte kobling. Mobilnettet er derimot bygget opp slik at brukeren har mindre mulighet til å regulere data som slipper gjennom brannmuren, noe som gjør det vanskelig å sette opp en VPN-server om bord på båten. Dette kan derimot løses relativt enkelt med at man setter opp et virtuelt nettverk på et normalt nett, som man kobler seg på med VPN fra både kontrollstasjonen og modulen.

En fordel med bruken av mobilnettverket er at det er forholdsvis godt bygget ut langs hele norskekysten, med relativt stabil dekning ut til 12 NM fra land (se også Figur 2.16). Dette innebærer at modulen vil være anvendelig til bruk stort sett uansett hvor man er i Norge, innenfor territorialgrensen. Rekkevidden setter derimot også noen begrensinger i form av bruksområder til modulen i en operativ kontekst, men vi anser disse begrensningene som et stykke utenfor behovene som stilles til operasjonsmiljø i denne oppgaven. En annen fordel med bruk av mobilnettet er at dataen ikke sendes direkte mellom antenner på kontrollstasjon og



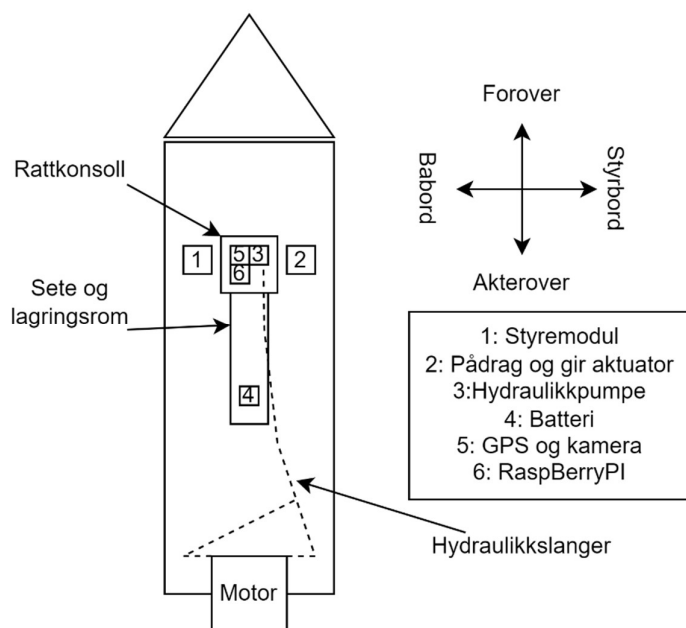
Figur 2.16: Telenor sin mobilnettdekning på Vestlandet (Telenor, 2022)

plattform, ettersom dette i større grad kunne blitt påvirket av terreng i skjærgården. Terreng vil fortsatt kunne påvirke dekningen noe, men det er relativt stabilt uansett hvor i skjærgården man befinner seg. Fjordlandskap og store øyer vil dermed i mindre grad hindre dataen i å nå frem mellom operatør og plattform enn ved bruk av eksempelvis radiokontroll.

2.9 Samling som styringsmodul

Styremodulen skal bestå av flere komponenter, og disse komponentene krever beskyttelse fra både av vann og bevegelse. Det vil derfor være hensiktsmessig å bruke en form for casing for å beskytte dem. Casingen kommer til å måtte stå åpent i fartøyet, og vil for det meste være utsatt for sjøsprøyt, men det vil være en klar fordel om den tåler kraftig spyling. I denne casingen vil det være nødvendig å samle alle de elektriske komponentene som ikke tåler å utsettes for vær og vind. Slik konseptet er satt sammen nå vil dette være PLS med tilhørende moduler og reléer, modem, switch og Raspberry Pi. Kamera og GPS vil kunne trenge noen form for beskyttelse, men vil ikke være effektive om de er plassert i casingen, og vil dermed trenge en egen form for beskyttelse. Resten av komponentene trenger ikke å beskyttes fullt så mye.

Styremodulen skal være bærbar slik at den enkelt kan transporteres og monteres. Det vil derfor være hensiktsmessig at størrelsesomfanget er håndterlig for én person, og dermed enkelt kan transporteres og monteres i et fartøy. En bærehank vil også gjøre bæringen mer praktisk og ergonomisk. Kofferten skal kunne monteres og demonteres relativt kjapt, ettersom fartøyet i utgangspunktet ikke er fjernstyrt og har andre bruksområder. Det vil si at det vil være behov for hurtigkontakter, som må være solide, vanntette og kunne kobles om fort. Det er økonomisk og mindre ressurskrevende å bruke samme standard som fartøy i sjøforsvaret allerede bruker, noe som også vil kunne betydelig korte ned ventetid på reservedeler. Denne oppgaven er derimot ikke utelukkende knyttet til én spesifikk plattform, og det vil derfor i dette tilfellet være mer hensiktsmessig å basere valget av kontakt og gjennomføring på tilgjengelighet og robusthet enn de eksisterende kontaktene. Siden kontaktene skal ha gjennomføringer gjennom kofferten så vil det være behov for å tette hull med pakninger eller en form for tetningsmasse, slik at den forblir vanntett.



Tabell 2.2: Oversikt over hvordan plasseringen på de forskjellige komponentene kan settes opp

2.10 Sikkerhetsfunksjoner

Både ved testing og operasjonelt bruk av den fjernstyrte plattformen vil det være en viss risiko involvert. For å minimere denne risikoen er det noen generelle tiltak som gjelder alle lettbåtoperasjoner, som også er overførbare til en fjernstyrt plattform. Slike tiltak kan for eksempel være en sikkerhetskontrollør, som følger opp situasjonen og har mulighet til å vurdere risikoen, samt å fatte nødvendige tiltak.

En dødmannssnor vil også være sentralt å bruke i alle operasjoner der det er personell i et fartøy. Den fungerer slik at motoren stopper dersom den trekkes ut, og dette er essensielt dersom føreren mister kontroll eller faller ut av fartøyet. Dette er en funksjon som blir nødvendig å ha tilgjengelig, dersom det er personell i båten, enten den fjernstyres eller styres manuelt. RIB-en som benyttes til utviklingen har ikke en funksjonell dødmannssnor, som betyr at dette må monteres. Dette kan enten gjøres ved å montere en faktisk dødmannssnor, eller ved å konstruere en egen. Under testing og bruk vil det også være behov for en «Operational Risk Management»

(ORM) som synliggjør risiko ved operasjonen og beskriver tiltak som minimerer disse (se vedlegg 8.2 for komplett ORM).

Ettersom dette fartøyet skal være fjernstyrt vil det i tillegg være flere risikoer utover de ved normalt bruk, og disse krever egne tiltak for å minimeres. Det er en risiko for at fartøyet mister tilkobling til fjernstyringen, og det vil derfor være behov for å kunne justere fart og gir manuelt slik at fartøyet kan stoppes på en tryggere måte. Det vil alltid være mulig å bruke dødmannssnor, men ved å tilrettelegge for manuelle brytere for å endre gir og pådrag vil det være et større handlingsrom for en sikkerhetskontrollør, som igjen gir større muligheter for å minimere sannsynligheten for alvorlige risikosituasjoner.

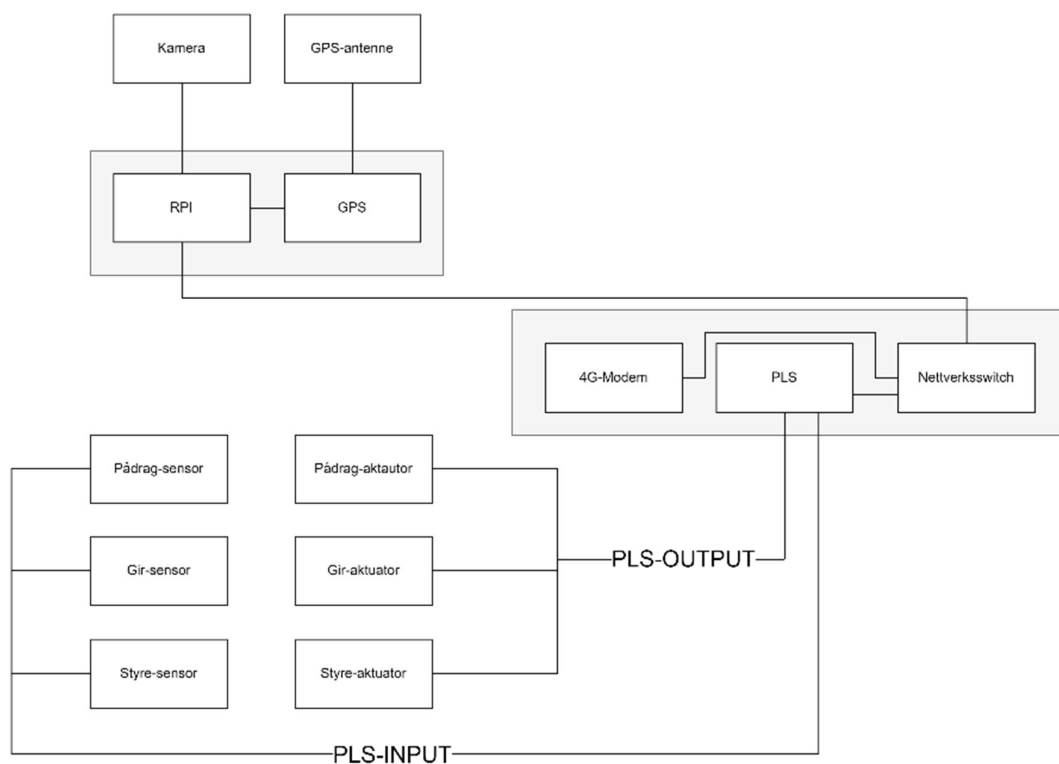
Sikkerhetskontrolløren som skal bruke de manuelle knappene vil ikke ha en skjerm med sensor-dataen, slik som fjernstyringspanelet vil ha, noe som vil stille krav til hvordan knappene monteres. En måte å montere knappene på er å koble dem direkte på aktuatorene, men da vil det være nødvendig med et eget sikkerhetssystem for å sette begrensinger på bevegelsene. Det vil derfor være lurt å koble disse via PLS-en som fortsatt får input fra posisjonssensorene. Føreren vil fortsatt ha et visst behov for input, og det vil derfor være hensiktsmessig å bruke en form for lyssetting som sier noe om eksempelvis gir-posisjonen. Pådrag vil kunne merkes på fart, men også lyd og vibrasjoner i fartøyet, og det er derfor mindre nødvendig med tilleggssensorer for dette. Rattet vil på sin side fungere som normalt når det ikke påvirkes av en aktuator, slik hydraulikkpumpen vil monteres.

Når fartøyet skal brukes ved normal drift er det viktig at det ikke blir påvirket av PLS-en og fjernstyringen, og det vil derfor være behov for en bryter som kutter spenning slik at aktuatorer ikke kan påvirke driften av fartøyet. Ettersom PLS-en gjerne har mellomlagring av data og bruker tid på å starte kan det være hensiktsmessig at det kun kuttet spenning til aktuatorene, slik at fjernstyringen enkelt kan kobles på igjen. Dersom man setter opp modulen med reléer til hver eneste aktuator og sensor kan man benytte styringssignalet på disse til å kutte strømmen til aktuatorene, og dermed hindre fjernstyringen i å påvirke fartøyet uten å skru av PLS-en.

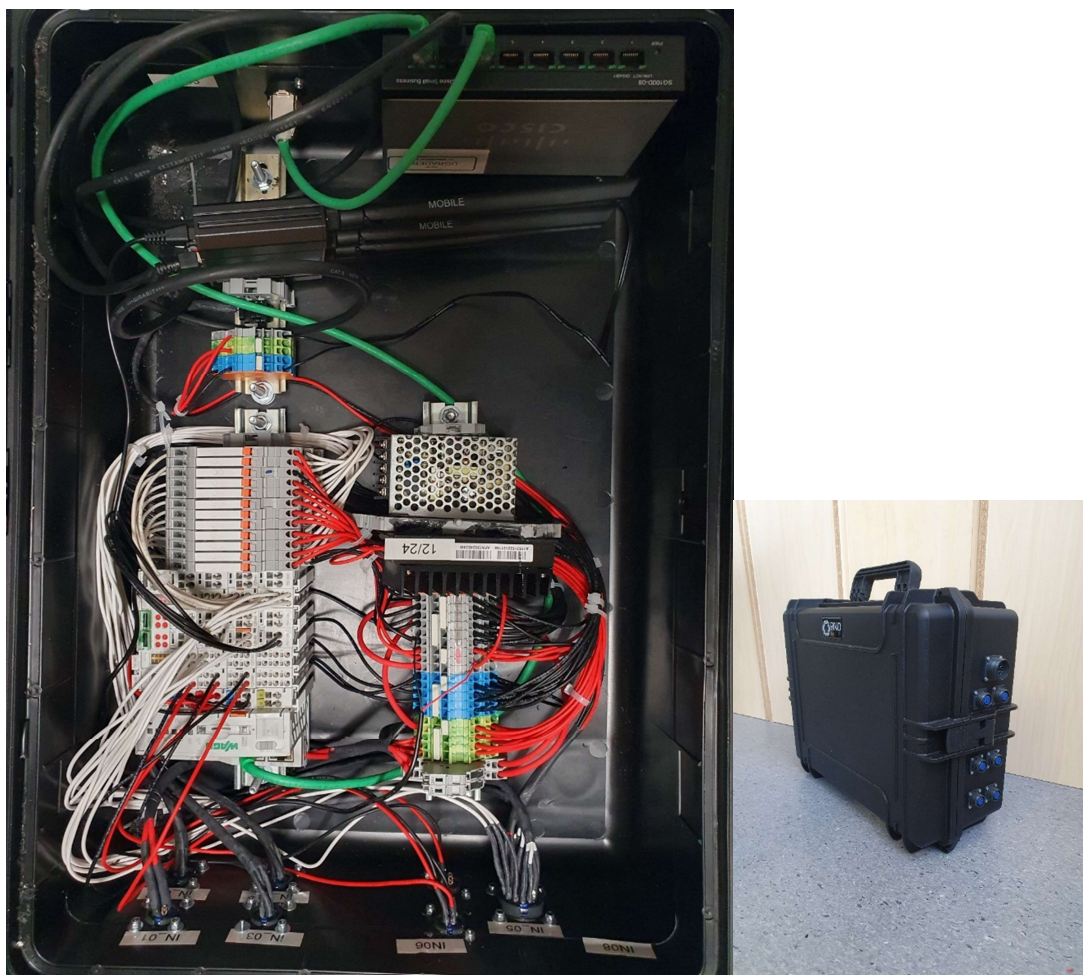
3 Implementering

I konseptutviklingen er det redegjort for hvilke komponenter som vil være nødvendige for å konstruere fjernstyringsmodulen. Alle disse komponentene utgjør i sin helhet modulen som skal kunne monteres på en plattform, og gjøre at den kan fjernstyres.

Slik disse delen har blitt implementert er fartøyet er satt opp bestående av en koffert med deler av styringskomponentene. Disse består av PLS-en med tilhørende moduler og reléer, en ruter og en switch. RPI-en er montert i en egen sprutsikker beholder, med utganger til kamera og GPS. Utenfor kofferten er det montert opp to sylindere på wirene som styrer pådrag og gir. Det er et potensiometer koblet på hver av sylindrene, samt et potensiometer på staget til motoren. I tillegg består systemet av ett alminnelig 12V batteri til båten. Til slutt har vi valgt å montere opp et utvalg knapper og lysdioder ved styringskonsollen, for å bistå til den manuelle styringen.



Figur 3.1: Oversikt over hele modulen, slik den ble gjennomført i praksis



Figur 3.2: Casing med styringskomponentene og hurtigkoblinger på siden. Oversikt over oppkobling finnes i koblingsskjema, vedlegg 8.5

3.1 Montering og endringer på RIB

Det er montert en hydraulikkpumpe som muliggjør fjernstyring, og som tillater at styringen fungerer som normalt når denne ikke går. Hydraulikkpumpen har ikke hurtigfester, men den vil likevel kunne fjernes relativt raskt. Det fordrer derimot at det blir påfylt hydraulikkolje og at systemet luftes, men også dette kan gjøres raskt av noen med kompetanse til å gjøre det.

Videre er det montert en brakett med to elektriske sylindere, som skal trekke og dytte i wirene for pådrag og gir. Dette muliggjør fjernstyring av fremdriftssystemet. Det vil være enkelt å fjerne disse sylindrene dersom det er ønskelig, men de vil ikke påvirke fartøyet ved å være der dersom wirene blir koblet av sylindrene og på den originale styringen. Under testing er det behov for en sikkerhetskontrollør som er plassert i båten for å hurtig kunne ta over spakene om det skjer en nødsituasjon, men også forflytte fartøyet tilbake om fjernstyringen skulle feile. Derfor er wirene montert på braketten til sylindrene med hurtigfester, slik at det kun er behov for å fjerne en fjær før de kan monteres tilbake i styrekontrolleren til motoren. Dette fordrer riktignok at motoren er skrudd av, ettersom det er vanskelig å unngå at man trekker i wirene når man flytter dem. Muligheten til å kunne koble over til opprinnelig styringsmåte på gass og gir viser også at endringene på styringen ikke er permanent, og enkelt kan reverseres tilbake til normal drift-



Figur 3.3: Hydraulikkpumpe montert under styringskonsollen



Figur 3.4: Brakett med sylindre og påsatt wire montert under original spak.

Sensorene til aktuatorene vil også være en mer eller mindre permanent montering. De er i utgangspunktet relativt enkle å fjerne, men de er innstilt og kalibrert spesifikt til sylindrene og plattformen. Dette vil være vanskelig å gjenskape helt likt ved en ny montering, men det er mulig om det ikke er tidskritisk. Selv om de ikke trenger å fysisk fjernes av aktuatorene vil man måtte koble dem av, og når man kobler dem opp på nytt kan endringen i spenning/motstand ha endret seg noe. Disse små endringene kan få store konsekvenser, i form av at gir ikke stilles inn ordentlig, eller at man ikke får pådraget helt ned.

Aktuatorene og sensorene krever et ledningsnett for å driftes, og styremodulen kobler seg i tillegg på det originale ledningsnettet på plattformen som går mellom styrekonsollen og motoren. Dette er for å få tilgang til de elektrisk styrte signalene, som start og stopp, samtidig som at den originale styrekonsollen fortsatt skal fungere. Casingen kobles derfor på dette nettverket

via en parallellkobling, som festes på casingen med hurtigkoblinger. Videre er det koblet på en bryter som bestemmer om strømmen skal gå til den originale konsollen eller til casingen (se vedlegg 8.5 for koblingsskjema). Denne bryteren fungerer også som en nødstop bryter, ettersom den kobler av strømmen til reléene, som gjør at ingen av aktuatorene kan påvirke systemet.



Figur 3.5: Hurtigkoblinger mellom ledningsnettverket og styringsmodul. Kablene fører til aktuatorene og det originale ledningsnettverket

I tillegg til de nevnte punktene er det montert et bryterpanel (se 3.2.4), men utover dette er det ikke gjort noen andre permanente endringer på fartøyet. Når styremodulen ikke er koblet til vil det derfor være fullt mulig å opprettholde normaldrift på plattformen.

3.2 Aktuatorer

3.2.1 Mekanikk

Fartøyet har behov for aktuatorer for å skape mekaniske bevegelser for å drifte fremdrift og styresystemet. For å drifte styringen er det brukt en autopilot-pumpe. Wirene til pådrag og gir

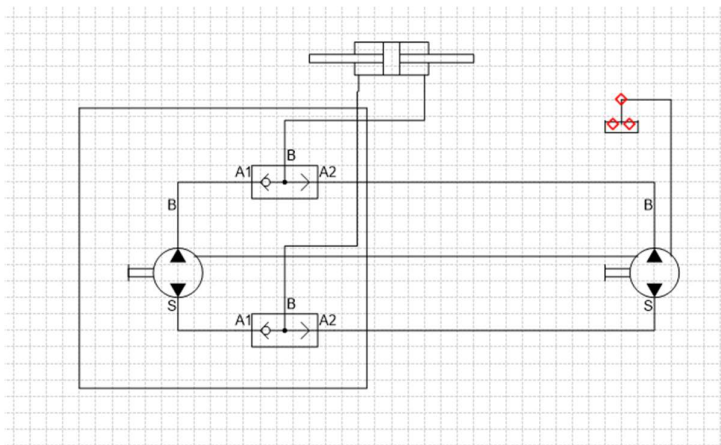
er skilt fra hverandre slik at de kan styres individuelt. For å drifte dem er det to elektriske sylindere som tidligere har blitt benyttet til luker på en korvett.

Styrepumpen er en *SeaStar Teleflex 100cu 12V* hydraulisk pumpe. Autopilot pumpen er lånt fra FMA, men den er tilgjengelig i flere kommersielle butikker. Disse pumpene er laget til å brukes i fartøy med autopilot. Det er derfor ikke et unikt system, men hylleware som er tilgjengelig og velprøvd. I tillegg er det tilpasset at roret enda skal kunne benyttes via rattstyring, ettersom de ofte er etter-montert. Pumpen er koblet slik at roret fritt kan benyttes når pumpen ikke går. Pumpen skifter retning basert på polariteten på spenningen, og når spenningen er null vil den stå stille.



Figur 3.6: Pumpen som benyttes til fjernstyring. Pumpen er montert under styringskonsoll, og skjermet for det verste av vær og sjø. De tre slangene som går ut fra pumpen er hydraulikkslanger som kobler pumpen sammen med originale rattpumpen. Slangene går til styrbord og babord retning, den siste går til tank. Bilde t.v. (Marineshop AS, 2022)

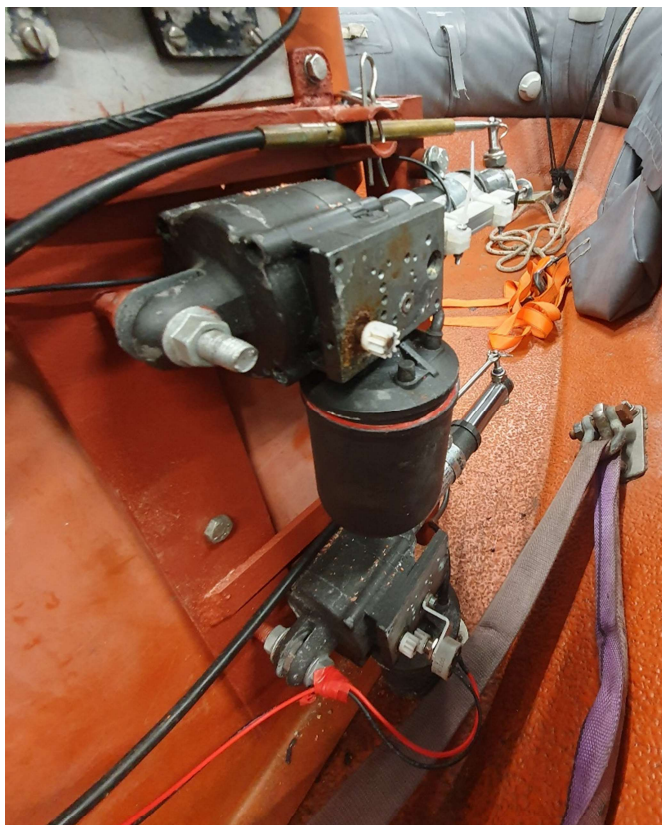
Pumpen inneholder ikke retningsventiler, men som nevnt skifter den retning på oljen ved at polariteten til pumpen endres. Når polariteten endres går pumpen den ene eller andre veien som igjen tilsvarer styrbord eller babord. Internt i pumpen er det en «eller-ventil», det vil si at det enten blir en oljestrøm fra rattpumpe eller fra hydraulikkpumpe. Ved en situasjon der en operatør av båten benytter rattet på lik som pumpen pumper så vil den som gir mest kraft styre sylindren på motoren.



Figur 3.7: Prinsippkisse av hydraulisk styresystem i fartøyet. A1 er pumpe-side, mens A2 er rattside. Mellom A1 og A2 ligger eller porten som består av en ventil som åpner retning på oljestrøm fra den siden med mest kraft. Hydraulikkpumpe-enheten består av komponentene innenfor den firkantede boksen. Boksen med røde forkanter skisserer tanken, den ligger plassert internt i rattpumpa. (Loddengaard, 2022)

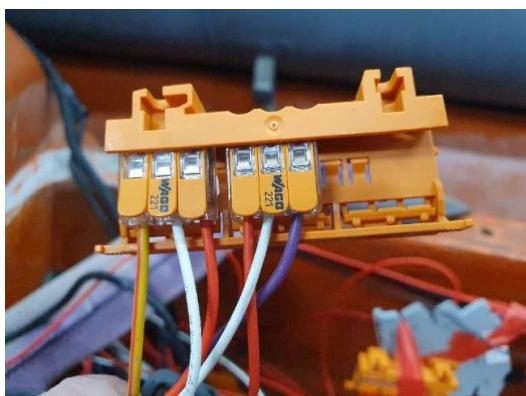
Fremdrifts-aktuatorer er to elektriske sylindere som tidligere er brukt til å åpne luker på en Skjold klasse korbett, med navn *Mecvel ALI3F*. Disse sylindrene er 12-24VDC, med hastighet på opp til 35mm/s og maks-kraft på 6000N. Det er potensiometer fastmontert på begge fra fabrikanten, men potensiometeret på den ene sylindren er defekt. Sylindrene er mer enn kraftige nok til å trekke i wirene, med nok margin til at de også vil kunne trekke dem i stykker. Det er derfor viktig at grenseverdier for slaglengde er satt rett, ettersom de vil kunne ødelegge wire eller innfestning.

Fjernstyringen av fartøyet skal være en hurtigmodul som enkelt kobles på/av, men det vil måtte være noen forhåndsinstallerte komponenter. Ettersom systemet skal være bærbart og fartøyet skal ha mulighet til å brukes vanlig når det ikke fjernstyres er det behov for en brakett som muliggjør at wirene enkelt kan monteres av og på motorkontrollspaken. Derfor blir sylindrene og wirene festet på en slik brakett. Braketten er manuelt sveiset sammen, primært grunnet tilgjengelighet. Dette vil derimot være enkelt å gjenskape ved behov for reservedeler.



Figur 3.8: Brakett med tilhørende sylinder

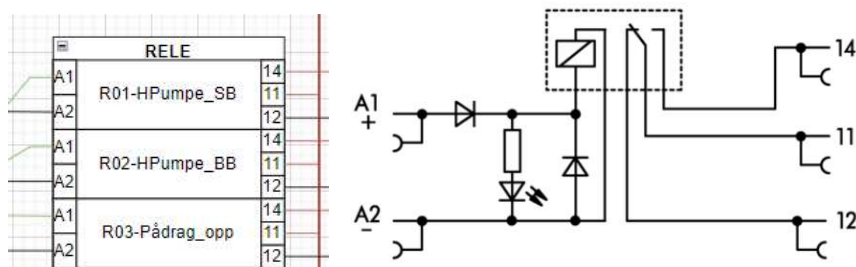
Fartøyet må også ha muligheten til å startes og stoppes fjernstyrt. Derfor har det vært nødvendig å koble seg på motorens eksisterende ledningsnett. Det er da funksjonene: tenning, start, stopp, choke og motor-tilt som må kunne styres. Dette er gjort ved en parallellkobling, der det vil være mulig å både fjern- og manuelt styre motoren.



Figur 3.9: Parallellkobling av ledningsnett

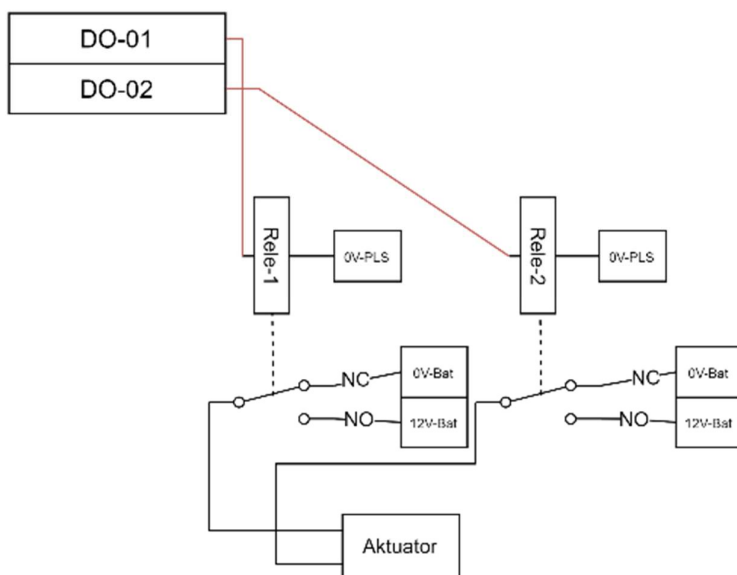
3.2.2 Reléer

Aktuatorene trekker større mengder med strøm enn det styresignal kan yte. Det er derfor behov for relé på samtlige aktuatorer, ettersom PLS-en har et 24V styresignal og alle aktuatorene bruker 12V.



Figur 3.10: Et utdrag av noen reléer i systemet, samt tegning av hvordan de fungerer. Reléet har inngang for styrestrøm på A1+ og A2-. Utgang 14 er Normally Open (NO), og 11 er common connection (COM), altså felles tilkobling for 14 og 12. 12 er Normally closed (NC). Bilde t.h. (Distrelec Schweiz AG, 2022)

Den hydrauliske pumpen og de elektriske sylindrene er koblet til reléene med 0V på normally closed (NC) og 12V på normally open (NO). Dette er for å kunne endre polariteten, slik at aktuatorene kan bevege seg i motsatt retning. Et signal styrer én retning, og et annet separat signal styrer den andre. Ved å koble disse signalene via hvert sitt relé til aktuatoren kan man endre polariteten, samtidig som man sørger for at det ikke kan forekomme noen kortslutning i kretsen. Når det ene signalet sendes vil reléet sørge for at kretsen lukkes med den spesifikke polariteten (se figur 3.11), ettersom det ene reléet vil åpnes til 24V mens det andre forblir på 0V. Dersom begge signalene sendes vil derimot kretsen brytes, og ingenting vil skje.

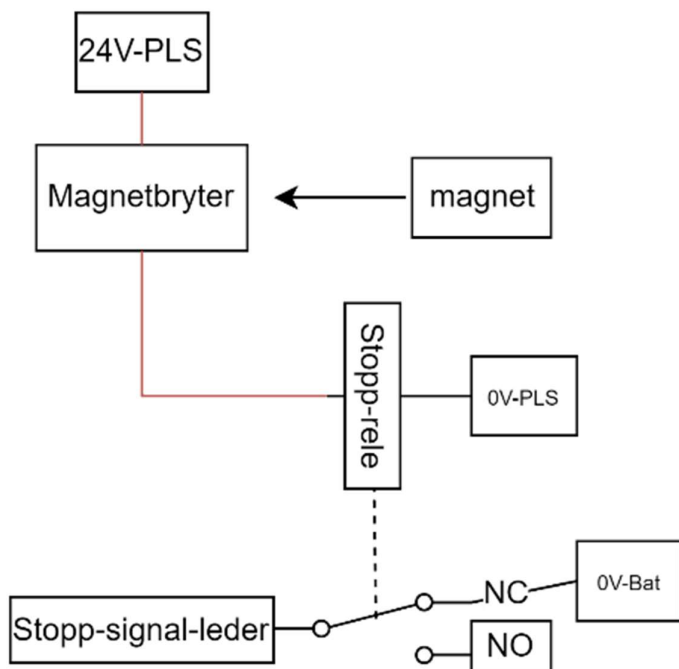


Figur 3.11: Illustrasjon av hvordan reléene kobles. Signal fra DO-01/02 vil åpne sin respektive bryter.

3.2.3 Start og stopp funksjoner

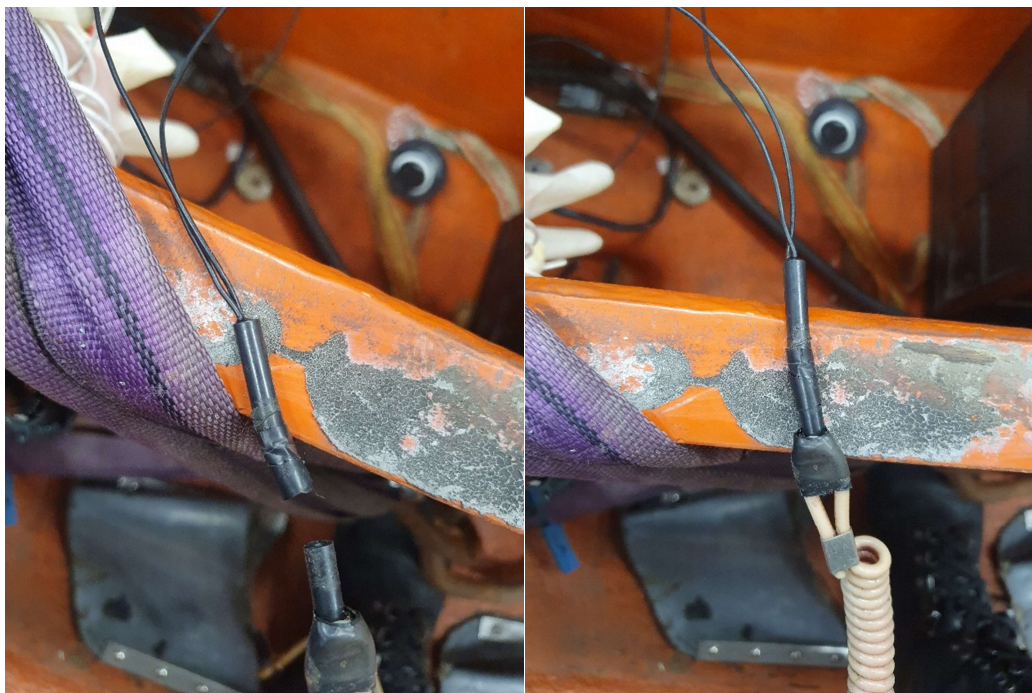
Tenning, start, choke og stopp styres via digitale signaler. I casingen er tenning, start og choke koblet slik at batteri 12V ligger på NO på reléet, som medfører at når reléet blir aktivert så vil de respektive interne aktuatoren i motoren ha en lukket krets, og dermed aktiveres. Stopp-funksjonen er på sin side motsatt, hvor den vil bli jordet når reléet blir aktivert. Motoren er laget slik for å unngå mulige feil, da felles jord alltid vil kunne stoppe motoren. Dette vil si at motoren kan stoppes uavhengig av hva som skjer med det elektriske systemet, mens de resterende funksjonene ikke fungerer uten spenning.

Fartøyet manglet dødmannssnor, en viktig komponent som sørger for at fartøyet stopper i en nødsituasjon hvor fører mister kontroll eller faller ut av båten. Det er derfor konstruert en dødmannsknapp med en magnetbryter og et rele.



Figur 3.12: Illustrasjon av krets til dødmannssnor med magnetbryter og magnet.

Magnetbryteren lukkes når en magnet føres inntil bryteren (se pil på figur 3.12), det vil da skape en lukket krets og releet bytter til NO. NO vil kutte kretsen slik at stopp-signal-leder ikke blir lagt til 0V-batteri, som gjør at motoren kan starte å gå. Det er her viktig at 0V batteri ligger på NC, ettersom dette fjerner mulige feil på sikkerhetssystemet. Dersom 0V batteri hadde vært koblet til NO porten vill et eventuelt koblingsbrudd eller spenningsfall på styrestrømmen gjort at motoren ikke hadde stoppet når magneten ble fjernet fra magnetbryteren. Dette tiltaket gjør på sin side at dødmannsknapp-systemet må være operativt for at motoren skal starte, som i tillegg fører til at PLS-en må ha spenning for at det skal være mulig å starte den. Dette er primært en problemstilling ettersom båten ikke hadde montert dødmannsknapp, og vil trolig ikke være relevant for andre fartøy.



Figur 3.13: Bilde av dødmannsknapp laget med magnetbrytere, til- og frakoblet

3.2.4 Brytere

Aktuatorene blir styrt av PLS-en i styringsmodulen. Om styringsmodulen mister fjernstyringen vil det være behov for å kunne styre aktuatorene. Det er da to alternativ, hvor det første vil være å ha et ekstra manuelt styringssystem i fartøyet. Det vil kreve flere endebrytere som kan kutte strømtilførsel, noe som i større grad vil komplisere prosjektet. Vi har derfor valgt å bruke brytere som kan styre pådrag- og gir-aktuator via PLS-en (se vedlegg 8.5 for oppkobling). Det gjør at det blir mulig å bruke de allerede installerte sensorene for å sette begrensninger. En PLS er svært robust og det vil derfor med stor sannsynlig være mulig å styre fremdrift med disse knappene. Om PLS-en skulle falle ut vil det også være mulig å styre båtene manuelt, men da ved å bruke hurtigkoblinger og flytte wirene til fremdriftssystemet til styringskonsollen.

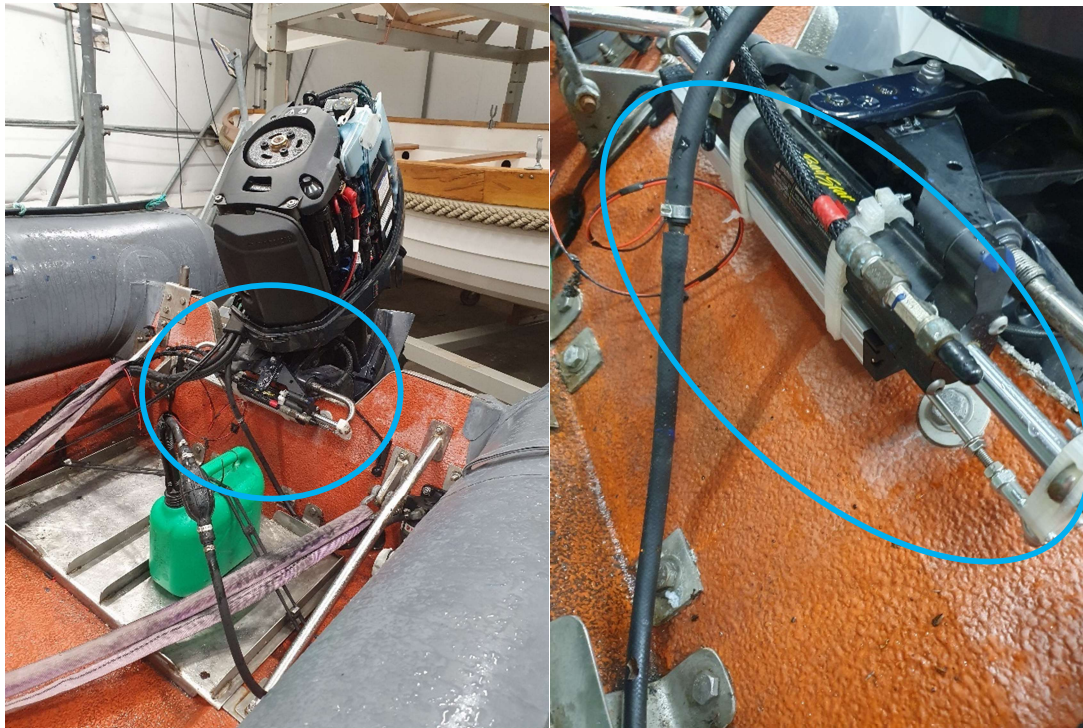


Figur 3.14: Bryterpanel med funksjoner.

3.3 Sensorer

Aktuatorene har sensorer som muliggjør å bestemme posisjon i bevegelsen til aktuatorene, og å sette grenseverdier. Det er tre aktuatorer som har behov for slik posisjonsdata i denne modulen, og vi har dermed tre potensiometer for å lese ut disse fysiske dataene. Potensiometer er hensiktsmessig for å få en lineær bane med en teoretisk uendelig oppløsning. Det vil nødvendigvis være begrensninger i nøyaktighet og avlesningsfrekvens, men det vil være høyoppløselig nok til at de fungerer etter oppgavens intensjon.

Styrepumpen muliggjør at motoren kan svinge styrbord og babord, hvor motoren følger en lineær bane langs et stag. Derfor blir denne banen brukt til posisjonering av ror-utslaget, og det er her brukt et lineært potensiometer. Det følger banen og gir verdier mellom maksimum og minimum som deretter blir brukt til å fastslå posisjonen, og deretter ror-utslaget.



Figur 3.15: Bilde av fastmontert potensiometer på motor. Festeanordning er 3D-printet av Frode Wikne ved SKSK.

Det har her vært nødvendig å bruke en brakket for å feste staget til posisjonsmåleren. Selve posisjonsgiveren vrir seg sammen med innfesting til staget, som gjør at brakket også må ha mulighet til å endre posisjon langs en sirkulær akse. Vi har derfor fått 3D-printet en brakett som er spesielt tilpasset denne festeanordningen. Dersom man har tegningene til denne braketten vil det derimot ikke være noen stor utfordring å få laget flere, dersom behov for reservedeler skulle oppstå.



Figur 3.16: Brakett for å feste potensiometeret til motor-staget.

På sylindrene til pådrag og gir har det blitt brukt et eksisterende potensiometer og ett nytt lineært potensiometer. Gir-aktuatoren bruker et lineært potensiometer med samme virkemåte som potensiometeret til styring, ettersom det ikke fulgte med potensiometer til denne aktuatorens. Det er et tannhjul på aktuatorens som skulle ha rotert i sammenheng med stempelet, men den var rustet fast, og det var derfor ikke mulig å benytte det originale. Basert på erfaringen med det fungerende potensiometeret på den andre sylindren er det uavhengig av dette behov for et mer presist potensiometer for å styre giret.

Pådrags-aktuatoren bruker potensiometeret som fulgte med aktuatorens. Det er et roterende potensiometer, med motstander fra 0-10Kohm. PLS-en har kun inngang for 0-5Kohm, og dette ble løst med at det kun er behov for halve avlesingen, ettersom wiren kun skal bevege seg 5cm. Utslaget til stempelet er større enn dette og det var derfor ikke behov for å gjøre endringer på potensiometeret. Om det skulle være behov for et større avlesningsområde ville en løsning vært å lage en parallellkobling med en mindre motstand. Ved en parallellkobling vil aldri motstanden i hele kretsen overstige den minste motstanden, og det kunne derfor blitt valgt en 5kohm motstand i parallell. Dette er basert på Kirchoffs lov for strøm i en krets (Vikene, 2020). Det medfølgende potensiometeret består av et tannhjul som følger et tannhjul montert på aktuatorens, og som leser av via en roterende bevegelse som følger av bevegelsen.



Figur 3.17: Potensiometer på pådrags-aktuator, med to tannhjul.



Figur 3.18: Påmontert lineært potensiometer for å styre gir. Festeordning er 3D-printet av Frode Wikne ved SKSK.

Posisjonssensorene er koblet med 2-tråds kobling, dette er gjort for å minske mengden med ledere som skal føres helt frem til aktuatorene. Oppløsningen vil bli god nok med 2-tråds kobling for prosjektet, men muligheten for enda mer presis avlesning er tilgjengelig dersom man kobler opp potensiometrene med 3-tråds kobling,.

3.4 Batteri og strøm

Styremodulen og aktuatorene krever strøm for å driftes. Det er originalt et 12V system som har fungert som startbatteri, og levert strøm til resterende funksjoner. Motoren har en 12V dynamo som igjen lader opp batteriet.

Aktuatorene driftes på 12V systemet mens PLS-en bruker 24V, som gjør at det er behov for en DC/DC omformer. Vi har dermed montert en 250W 12/24V omformer, som har nok energi til å drifte PLS-en inklusivt moduler. Det er også en Raspberry PI med behov for 5V. Det er brukt tilgjengelige deler for å ikke bestille nye, og vi har derfor installert en 24/5V omformer til RPI-en. Dette er en fungerende løsning, men dersom man hadde hatt tilgang til en 12/5V omformer ville dette vært ideelt, noe som kommer av flere årsaker. For det første, ved å bruke spenning fra 24V-omformeren vil energien til 5V omformeren bli lagt til i energiregnestykket til 24V-omformeren. Grunnet dette blir det større slitasje, og mindre effekt til resterende 24V systemer. For det andre så vil det i alle prosesser der det omformes spenning eller energi forekomme et visst tap av energi, gjennom eksempelvis varme. Når det omformes først til 24V også til 5V vil det dermed bety en unødvendig spenningsomforming som igjen betyr tap av energi. Om systemet kommer i en posisjon nær en grense for hvor mye energi det kan levere så kan dette medvirke til at det ikke er nok energi til andre prosesser.

3.5 Programmerbar Logisk Styring

Programmet på PLS-en er bygget opp relativt simpelt, og består av et program skrevet i strukturert tekst. Det er strukturert med ett hovedprogram og en global variabel liste som brukes til å overføre variabelverdiene mellom RPI og PLS. Primæroppgaven som skal bli utført av PLS-en er i dette tilfelle å overføre de digitale verdiene som blir sendt fra RPI-en til de fysiske aktuatorene som utfører handlingen. Motsatt retning er oppgaven å presentere verdiene som blir målt av sensorene på en lesbar måte til RPI og brukergrensesnitt.

Utleddet fra disse primæroppgaven blir også oppgaven å sørge for at handlingene som blir sendt fra RPI ikke er skadelige for de fysiske komponentene, og det er derfor nødvendig å programmere inn noen begrensninger. Det første problemet er at vi ikke benytter oss av endebrytere på sylindere, som i praksis betyr at dersom operatøren prøver å øke pådraget for mye vil sylinderen trekke av kabelen som styrer pådraget på motoren, og ødelegge mekanismen. Vi benytter derfor en maks- og minimumsverdi på potensiometeret for å begrense når sylinderen ikke kan gå

lenger inn/ut, uavhengig av hva operatøren prøver på (se vedlegg 8.3 for program). Potensiometeret som er montert på pådraget er derimot en del mindre presist enn de andre potensiometrene, som har ført til at det er lagt inn en del margin i endene. Dette fører også til at begrenset pådraget begrenses til rundt 70% av maksimal ytelse. En utfordring har derimot vært å få pådraget helt ned til 0, ettersom det også er behov en margin på den siden. Dette løses på sin side med noe mindre margin ettersom det er litt handlingsrom i wiren. I tillegg vil eksempelvis verdien på et potensiometer leses av som en verdi mellom 0 og 25000, en verdi som ikke er anvendelig hos operatøren. Disse verdiene må derfor skaleres om til lesbare verdier, og vi skalerer det derfor fra 0 til 100%.

Alle aktuatorene styres av boolske variabler, med TRUE som aktivering, og FALSE som deaktivering. Det er satt opp med en individuell variabel for hver bevegelsesretning på aktuatorene, altså én for å trekke inn og én for å skyve ut på sylindrene, og det samme gjelder for retning på hydraulikkpumpe. Kombinert med begrensinger styrt av potensiometrene er dette nok for styring av både pådrag og ror-utslag. Man kunne lagt inn begrensninger på hva som skjer dersom man aktiverer begge retninger på en gang, men ettersom oppkoblingen med reléer tar hensyn til det scenarioet er ikke dette nødvendig. Styring av gir krever derimot noe mer fra programmet, ettersom giret settes i tre spesifikke posisjoner, og ikke er en kontinuerlig overgang med wiren. Dette er løst med at kommandoen som sendes fra operatør sier hvilket gir som er ønsket, altså revers, nøytral eller fremover. I programmet er det så satt opp en case-struktur som styrer gir-wiren til riktig posisjon basert på potensiometer og styringsvariablene, og deretter gir tilbakemelding til operatør når gir er riktig posisjonert.

De manuelle knappene som er montert opp i båten fungerer på relativt likt vis som fra fjernstyringen, og styrer på de samme variablene som operatørpanelet. Slik de fungerer er at det øyeblikket en av de manuelle knappene trykkes inn er det ikke lenger mulig å fjernstyre aktuatorene. Operatøren må så trykke en knapp på fjernstyringspanelet som gjør at fjernstyringen overtar igjen. Den manuelle gir-styringen er derimot enklere enn fra fjernstyringen. Grunnet tilgjengelighet på knapper styrer man manuelt sylindren ut og inn, og får tilbakelesning i form av lysdioder på styrekonsollen når giret er i riktig posisjon. I tillegg er det skrevet inn maks- og minimumsbegrensninger her også, som gjør at aktuatorene heller ikke ødelegges i manuell styring. Måten dette er løst i praksis kan finnes i vedlegg 8.3, hvor hele koden kan leses.

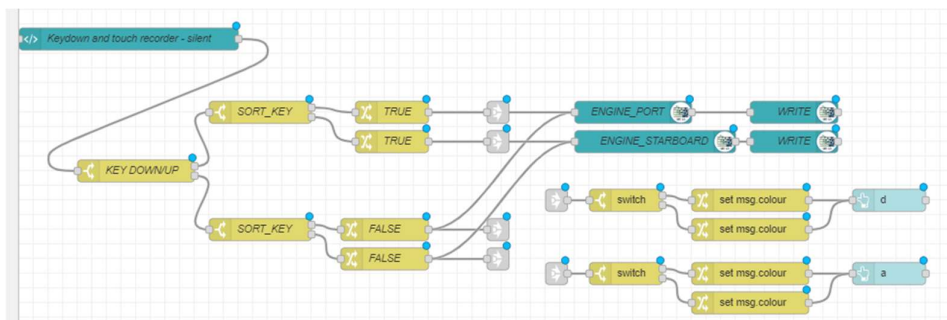
3.6 Raspberry Pi – Node-RED

Fysisk har vi valgt å montere RPI-en i en egen gjennomiktig, vanntett beholder, utenfor casingen med resten av de elektriske komponentene. Ideelt sett ville vi hatt også RPI-en innenfor casingen, men tilgangen på overføringskabler til kamera med riktig lengde, og riktige gjennomføringer på casingen gjorde at den ble montert utenfor. I praksis har dette allikevel lite å si på funksjonalitet, ettersom vi løser det med å trekke strøm og ethernetkabel fra casing til RPI-en.

Node-RED programmet er delt opp i tre separate deler. Første del inneholder prosessene som settes i gang ved oppstart av programmet. Dette innebærer å starte videostrømmen og en prosess i forbindelse med GPS-en (se figur 3.14). Videostrømmen startes ved å kopiere videooverføringen fra inputen på RPI-en, og overføre det til en lokal IP-adresse, som i dette tilfellet er brukergrensesnittet. Programmet som muliggjør dette er hentet fra nettstedet *Github* (Jacksonliam, 2022), og er ikke endret utover dette. Den andre delen av programmet behandler GPS-data (se kap. 3.8) og sender dette til brukergrensesnittet.

Den siste delen omhandler overvåking og styring av variabler opp mot PLS, samt hvordan disse variablene styres fra brukergrensesnittet. Kontrollen av disse variablene er knyttet til taster på tastaturet til kontrollstasjonen, og dette gjøres gjennom et «java event-handler» - script, som vi fikk av veileder Alexander Sauter ved SKSK. Slik tastene er konfigurert i programmet tillater de kun sending av boolske verdier, med TRUE ved trykk og FALSE ved slipp. Det fører til at all styringen vil være basert på boolske signaler.

Styringen av variabler er programmert slik at en switch-node skiller datapakken avhengig om de er trykk eller slipp av tasten, og sender dem videre til to nye switch-noder, som sorterer dem etter hvilken tast som er trykket. Deretter endres datapakken fra keydown/keyup til true/false. Til slutt sendes de boolske verdiene videre til nodene som styrer tilkoblingen til PLS med den relevante variabelen, og endrer verdien til variabelen på PLS-en basert på tastetrykket. Dette er i all hovedsak hvordan alle variablene blir styrt fra kontrollstasjonen. Gruppen som er nede til høyre på figur 3.19 gir en feedback på brukergrensesnittet når tasten holdes inne og når den slippes. Se vedlegg 8.4 for hele programmet, og mer utdypende forklaring.



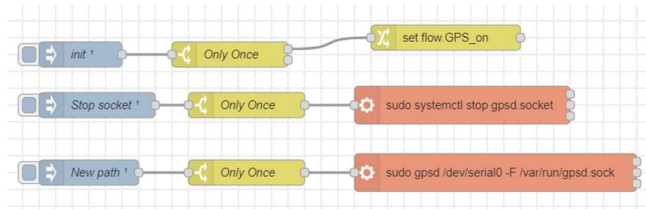
Figur 3.19: Illustrasjon av hvordan tastene d og a brukes til å styre variablene som svinger motoren mot babord eller styrbord, se vedlegg 8.4 for hele det reelle programmet

Overvåkingen er bygget opp noe simplere. De samme kommunikasjonsnodene til PLS brukes for avlesning, men er konfigurert til å lese av verdier i stedet for å sende. Så skrives de direkte inn i noden som fremviser verdiene på brukergrensesnittet.

3.7 GPS – Posisjonering

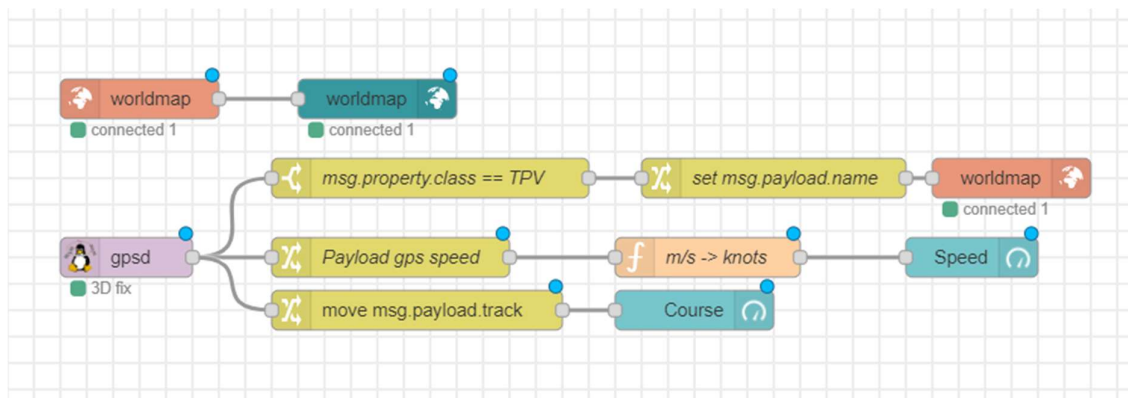
Monteringen av GPS gjøres basert på et allerede eksisterende program ved navn *gpsd* som er utarbeidet for bruk av GPS på RPI, ved hjelp av en oppskrift fra Maker Pro (Hertz, 2020). Funksjonen til *gpsd* er å fungere som en oversetter fra den rådataen GPS-en samler inn til data som er lesbart og forståelig for brukeren. Den praktiske delen av monteringen består først av å koble antennen til GPS-modulen. Denne kobles så videre til 5V spenning og jord (pin 4 og 6), og TX og RX (pin 8 og 10) på RPI-en. Når dette er gjort er GPS-en i praksis montert.

En ulempe som følger med bruken av *gpsd* er at den automatisk ved installering lytter på en standard socket som ikke er riktig for RPI-en, og denne problemstillingen oppstår hver gang man starter opp maskinen. For å rette opp dette må man manuelt deaktivere den aktuelle socketen og legge inn riktig port hvor GPS-en er koblet på. For at ikke brukeren skal måtte gjøre dette manuelt hver gang ved oppstart løste vi dette ved at node-RED kjører de aktuelle kommandoene én gang automatisk når systemet startes (se figur 3.20).



Figur 3.20: node-RED kjører de aktuelle kommandoene ved hjelp av exec-noder

For å få plassert fartøyet på et kart brukte vi et bibliotek «node-red-contrib-web-worldmap» som allerede eksisterer i node-RED, og som er tilpasset bruk av GPS på RPI. Denne fungerer også sammen med *Dashboard*-biblioteket som gjør at vi får opp kart direkte i brukergrensesnittet, og gps biblioteket «node-red-contrib-gpsd», som gir posisjoneringen. Pakken som *gpsd* leverer trenger kun å tilføres et felt med navn, i vårt tilfelle Worldmap, før den leses direkte av i kartet. Denne kartnoden leser da av posisjon og retningsvektor, og det er dette som vises på kartet. Ettersom vi kun benytter én GPS vil modulen måtte bevege seg for å få opp retningsvektoren, altså vil man måtte benytte kamera i kombinasjon med GPS for å identifisere retning på plattformen når den ligger i ro. Kartet kan stilles inn på flere forskjellige typer etter hva brukeren foretrekker, noe som gjøres enten i brukergrensesnittet eller blir bestemt i koden.



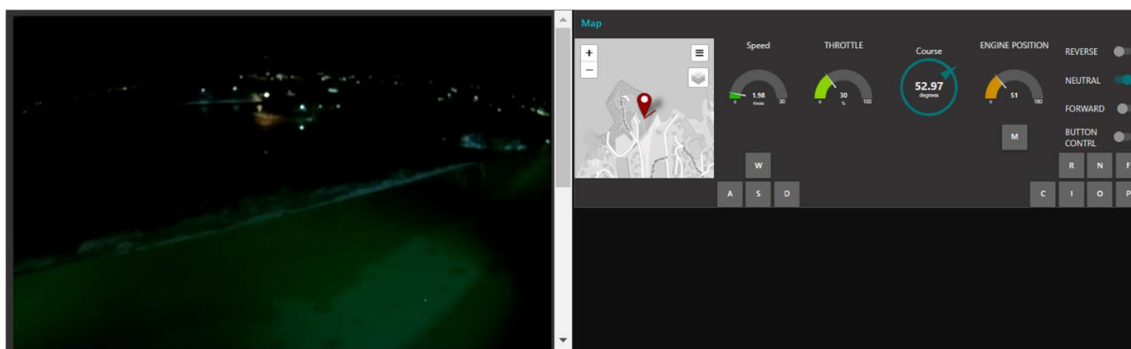
Figur 3.21: Øverste linje er koblingen mellom GPS-dataen og brukergrensesnitt, som gjør at posisjonsdataen skrives inn på kartet. Linjen under er tilordning av navn før dataen går inn i kart. De siste to filtrerer ut fart og kurs og setter det inn på brukergrensesnitt

GPS-en gir tilgang til betydelig mer data enn bare posisjonering og retningsvektor, hvor ikke alt er like relevant for produktet. Relevant data som leses av er derimot kurs og fart. All denne

dataen blir lest av som én pakke, som man videre må filtrere for å hente ut den ønskede dataen. Dette gjøres ved å bruke en *change*-node, som henter ut den spesifikke delen av pakken som skal brukes, og sender den videre til å leses av (se figur 3.21).

3.8 Brukergrensesnitt

Hvordan et operatørpanel bør settes opp kan være omfattende nok til å bli en selvstendig bacheloroppgave. Grunnet tid og kapasitet har vi derfor laget et grensesnitt som primært er tilpasset brukere med noe dypere kjennskap til systemet, og som i liten grad er testet og tilpasset etter effektivitet. Verktøyene for å skape et godt brukergrensesnitt er derimot klargjort, dersom noen skulle arbeidet videre med det.



Figur 3.22: Brukergrensesnitt med kamerastrøm til venstre og panel til høyre. Bildet er tatt under tørr-testing.

Figur 3.22 illustrerer hvilke funksjoner som er lagt inn, og som kan bygges videre på. Knappene skifter farge når en tast holdes inne, for å vise at tasten er aktivert, og skifter tilbake når den slippes. Dette gjelder alle tastene, og man kan enkelt endre fargene dersom man skulle ønske å skille mellom tastene. Måleren med «Speed» viser hastigheten som er beregnet av GPS-en, mens «Throttle» viser verdien på potensiometeret som er montert på pådraget og sendt gjennom PLS-en. Til høyre på panelet vises hvilket gir motoren er satt i, og er brytere som kun er til avlesning og ikke kan styres av operatøren.

Styringen av rorutslag og pådrag styres med tastene WASD, hvor W og S styrer pådraget uavhengig av hvilket gir, og A og D styrer ror. Tastene til høyre på figur 3.16 styrer gir, og start/stopp funksjoner. Komplette oversikt over tastefunksjoner og avlesninger finnes i vedlegg 8.6

Dette panelet viser kun et utvalg av variabler, som vi har ansett som mest hensiktsmessige under testing. Modulen inneholder betydelig flere variabler som kan, og trolig bør, overvåkes dersom modulen skal brukes utover testing. Dette bør spesielt være varselsignaler dersom noe skulle være galt et sted i systemet.

3.9 Dataoverføring

Nettverket om bord på plattformen settes opp ved hjelp av et modem og en svitsj. Vi benytter et modem av typen *Teltonika RUT240*. Dette er et modem som er utarbeidet for industrielt bruk. Det er to store fordeler som følger med dette modemmet, i forhold til andre billigere modem. Den første fordelene er at modemmet kan settes opp som en egen VPN server ved hjelp av et utvalg tjenester som *openVPN*, som åpner for mulighetene til å koble seg på nettet fra eksterne posisjoner. Dette er derimot vanskelig å benytte, med bakgrunn i problematikken rundt mobilnett og brannmur. Den andre tydelige fordelene er at den er svært driftssikker, som er veldig relevant for denne oppgaven. Konsekvensene av uforutsett å miste dekning og kontroll over det fjernstyrte fartøyet være store, både for personell og materiell. Forholdene på sjøen og omgivelsene kan føre til mye bevegelse i fartøyet, som vil stille større krav til stabiliteten til modemmet, som understreker nødvendigheten av et slikt modem.

PLS og RPI kobles på nettet via ethernetkabel, for å gjøre dataoverføringen mest mulig stabil og rask. Komponentene gis så fast IP-adresse gjennom modemmet, slik at ikke kommunikasjon mellom komponentene stopper opp som konsekvens av varierende IP-adresse. Det vil si at all kommunikasjonen som foregår mellom komponentene om bord på RIB-en skjer uavhengig av mobilnettdekningen, ettersom det går gjennom et LAN. En fordel med dette er at mesteparten av funksjonaliteten på båten vil fungere uavhengig av dekningen på internettet.

Fartøyet styres gjennom at datamaskinen som brukes til å styre fartøyet går inn på UI-siden til node-RED som drives på RPI-en. Den finner man på IP-adressen til RPI-en, via port 1880, og dette er årsaken til at modulen og kontrollstasjonen må kobles på samme nett via VPN. I løpet av denne oppgaven rakk vi ikke å sette opp et tredje nettverk, ettersom problemstillingen med mobilnett ble oppdaget noe sent, og SKSK ikke har et åpent eller virtuelt nettverk tilgjengelig. Grunnet dette ble produktet noe avstumpet med hensyn til rekkevidde, ettersom løsningen da ble å ha kontroll-pc koblet til det samme nettverket som er på båten, som begrenser rekkevidden på fjernstyringen til modemets rekkevidde.

Dersom vi hadde hatt tilgang til en ekstra RPI og et uavhengig nettverk ville løsningen på dette vært forholdsvis simpel. Det er utviklet et program til RPI med navn *PIVPN* som gjør at man kan bruke en RPI som en VPN-server, via open-source tjenester som *OpenVPN*. Grunnen til at dette ikke fungerer med mobilnett er at man ikke har mulighet til å åpne spesifikke porter i brannmuren, ettersom mobilnett-leverandøren har et eget lag utenfor det lokale modemmet som ikke slipper data gjennom den aktuelle porten. Med et uavhengig nettverk kan man derimot åpne porten, og slippe data gjennom til VPN-en. Løsningen på VPN- og rekkeviddeproblemet er dermed relativt enkel, dersom man skulle ønske å jobbe videre med produktet.

4 Tester

En typisk metode for å teste fartøyer som skal benyttes på sjøen er å dele testingen opp i to faser, bestående av en «Harbor Acceptance Test» (HAT) og en «Sea Acceptance Test» (SAT). Først gjennomfører vi en HAT. Denne delen av testingen går primært ut på å kontrollere at systemet fungerer som det skal, både når det kommer til ren funksjonalitet på komponentene og i forhold til sikkerhet. For det første vil resultatet av HAT gi et inntrykk av hva som kan forventes av båten ved testing under mer komplekse forhold. For det andre kan det fort oppstå utrygge situasjoner når et fartøy med stort fartspotensiale skal testes på sjøen. Derfor er det kritisk at sikkerhetsfunksjoner er testet og fungerer som de skal. Ved vellykket gjennomføring av HAT er det altså kontrollert at fartøyet kan driftes ute på sjøen. Testene som gjøres under HAT kan gjennomføres mens båten ligger på land så lenge motoren får nok kjølevæske gjennom en vanntilførsel av noe slag.

Grunnet værforhold og tilgjengelighet på utstyr får vi ikke mulighet til å gjennomføre den andre fasen av testingen, som kalles SAT, på sjøen. Her ville typisk kjøreegenskapene til fartøyet blitt testet mer inngående, men ettersom dette ikke blir mulig å gjennomføre vil kjøreegenskapene drøftes basert på data fra HAT. På grunn av dette vil testingen i HAT også bestå av noen mer inngående målinger, som bevegelsestid på aktuatorer og responstid fra fjernstyringspanel til utført handling.

Underveis i arbeidet har vi i tillegg gjennomført mindre tester på komponentene, som ikke blir kommentert i oppgaven. Dette innebærer at de individuelle komponentene og aktuatorene fungerer, eksempelvis at PLS og Raspberry Pi skrur seg på, og at sylindrene går inn og ut. Testingen går dermed ut på å teste systemet som en helhet, med et utgangspunkt i at de individuelle komponentene allerede fungerer.

4.1 Harbor Acceptance Test

HAT er delt opp i tre deler. Disse delene består av oppstart/stopp, funksjonstesting og sikkerhetsfunksjoner.

4.1.1 Oppstart/Stopp

Beskrivelse

Under denne delen vil oppstarts-prosedyre av fartøyet testes. Her vil alle systemer skrus på, og motor startes. Dette inkluderer at alle funksjoner som skal startes opp på fjernstyringspanelet fungerer, og at kommunikasjonen mellom fjernstyringspanelet og plattformen fungerer.

Metode

Når styringsmodulen er koblet til med alle kablene skal systemet starte opp automatisk så snart strømmen skrus på. Når systemet er startet opp skal det være mulig å koble seg på med operatørpanelet. På operatørpanelet, så langt det er koblet korrekt i samme nettverk (lokal wifi eller delt VPN-forbindelse) skal videostrømmen og GPS-en automatisk skrus på, og man skal både få bilde og en GPS-posisjon. Deretter skal tenning skrus på, og motor startes via fjernstyringspanelet.

Resultat

Da strømmen ble skrudd på tok det noen minutter før operatørmaskinen fikk koblet seg på nettet, men så snart dette var mulig fungerte kontrollene som de skulle. Denne tidsbegrensningen kom av modemmet, ettersom nettverket ikke dukker opp på operatørmaskinen før den er startet opp, og systemet funker som normalt så snart man er koblet på. Både videostrøm og GPS-posisjon var tilgjengelig ved oppnådd kontakt, og både tenning og startknapp fungerte fra operatørpanelet for å starte motoren.

Det ble derimot oppdaget at startmotoren krever mye strøm fra batteriet, som gjorde at batteriet fikk en spenningsdupp. Dette gikk igjen utover modulen, som er koblet på samme batteri, og gjorde at fjernstyringen i korte perioder sluttet å kommunisere med fartøyet. Etter at motoren hadde startet normaliserte dette seg. Denne problemstillingen ble identifisert til å ha sammenheng med lav spenning på batteriet, og oppsto ikke da det ble testet på nytt med oppladet batteri.

Utover dette fungerte oppstarten som den skulle. Man fikk presis GPS posisjon så snart det startet opp, og kamerastrømmen startet opp så snart man fikk koblet seg på fjernstyringen.

4.1.2 Funksjonstest

Beskrivelse

Under funksjonstesting testes alt av funksjoner som er nødvendig for at båten skal opereres. Dette innebærer gir, pådrag og styring, og handler primært om at begrensningene på utslagene fungerer på en slik måte at utstyr ikke ødelegges, samtidig uten at viktig funksjonalitet hindres.

Metode

Ror-utslaget på motor testes med styring fra operatørpanel. Her skal bevegelsen stoppes automatisk med noen centimeters margin fra endepunktet, og forsøk på å styre utover dette skal ikke være mulig. Dette gjelder på begge ender av rotasjonen. Videre skal samme test gjennomføres med styringen av pådraget. Her skal pådraget kunne tas helt ned til null, som vil si at sylindere har skjøvet wiren til endeposisjon, men utover dette skal ikke sylindere bevege seg mer i den retning. På motsatt ende skal sylindere automatisk stoppe og hindre operatøren i å skyve den utover det som er trygt for wiren. Begge disse testene gjennomføres flere ganger med varierende grad av kontinuitet i bevegelsen. Dette er for å teste om programmet er robust nok til at man ikke kan «lure» seg forbi grensene. Disse testene gjøres også med de manuelle knappene om bord, for å kontrollere at de fungerer på de samme premissene som fjernstyringen.

Gir testes ved å bestemme gir-posisjon på fjernstyringspanelet. Her skal det være mulig å velge gir-posisjon med en knapp, altså Revers, nøytral eller fremover, så skal systemet justere seg inn på riktig gir. Deretter testes giring med manuelle knapper på båten. Disse fungerer som en kontinuerlig bevegelse, og operatøren vil måtte justere inn på riktig gir selv, ved hjelp av tre lysdioder som sier ifra når giret er i de respektive posisjonene.

Under denne fasen testes også tiden de forskjellige handlingene bruker via både fjernstyring og manuell handling. Dette er tid fra minimum- til maksutslag på pådrag og styring, og tiden det tar mellom de forskjellige girene.

Resultat

Både rorutslag og pådrag fungerte innenfor begrensningen som ble lagt inn i koden. Styringen stoppet når man nådde endepunktene som var skrevet inn, og det var ikke mulig å «lure» seg forbi disse grensene. I tillegg var det ikke problematisk å styre inn ror-utslaget til spesifikke utslag..

Responstiden fra handling på fjernstyringspanel til handlingen blir iverksatt om bord oppleves til å være tilnærmet umiddelbar på samtlige handlinger, og subjektivt oppleves inputen mellom operatør og fjernstyringspanel problemfri.

Tider:

<u>Rorutslag</u> : maks – maks	5.2 sek
<u>Gir</u> : Revers – nøytral	3 sek
Revers – fremover	5 sek
Nøytral – fremover	2.5 sek
<u>Pådrag</u> : Min – maks	4.5 sek
<u>Manuelt</u> : rorutslag	7.6 sek
<u>Manuelt</u> : pådrag	6.3 sek

Felles for alle disse handlingene er at de holdt en relativt kontinuerlig hastighet gjennom hele bevegelsen.

4.1.3 Sikkerhetsfunksjon

Beskrivelse

Det er primært to sikkerhetsfunksjoner som skal testes. Den første er dødmannssnoren, som er den aller viktigste funksjonen. Dette er en snor som skal kunne trekkes ut og stoppe motoren helt. Den andre sikkerhetsfunksjonen innebærer at sikkerhetskontrollør skal kunne manuelt overta styringen, uavhengig av hele styremodulen. Dette gjøres ved at wirene kobles av aktuatorer og på den originale styringskonsollen, noe som kun bør gjøres når båten ligger i ro. For å muliggjøre dette trykkes en nødknapp inn, som kobler ut alle reléene, og dermed hindrer modulen i å ha noen påvirkning på plattformen. Alle styresignalene er koblet via reléer og disse kobles ut og over til original styring når de mister strøm på styresiden.

Metode

Dødmannssnoren testes ved å trekke den ut mens motoren går.

Den andre funksjonen testes ved å først slå inn nød-knappen. Da skal ingen av funksjonene kunne styres eller leses av fra operatørpanelet. Videre kobles wire av gir og styring og på konsollen. Når dette er gjort skal all styring fungere som normaldrift uten fjernstyringsmodulen

Resultater

Dødmannssnoren fungerte etter intensjonen, og stoppet motoren når den ble trukket ut. Nødknappen koblet også ut all form for fjernstyring, og når wirene ble koblet på den originale styringskonsollen fungerte fartøyet som normalt. Det var da ikke mulig å påvirke noe om bord via fjernstyring, og man mistet avlesninger fra fartøyet. Det eneste som forble aktivt på brukerpanelet var GPS og videostrømmen, ettersom disse ikke kontrolleres av PLS-en.

5 Drøfting

Modulen har blitt utarbeid med hensyn til fire grunnprinsipper. Dette har vært pris, funksjonalitet, overførbarhet til andre plattformer og færrest mulig permanente endringer på båten.

Dette har blitt gjennomført ved å montere sylindere på den respektive wirestyringen av gir og pådrag, mens ror-utslaget blir fjernstyrt via en hydraulisk pumpe. Aktuatorene og tilhørende sensorer har blitt styrt av en PLS, som behandler en del av dataen selv, samtidig som den både sender og mottar data fra en RPI. RPI-en behandler kameraoverføring og GPS data, som blir ført inn til brukergrensesnittet som også er satt på med RPI-en. Testene viser at de relativt grunnleggende fjernstyringsfunksjonene er dekket. Reaksjonstiden fra kommando til utført handling oppleves tilnærmet umiddelbar, og handlingene utføres på sin side noe raskere enn de ville blitt gjort manuelt.

5.1 Kostnad

Under konstruksjonen av denne modulen har det vært en kontinuerlig vurdering angående pris på komponenter. Kostnadsbruken kan i praksis deles inn i to kategorier, de vi mener er uunngåelige kostnader og de vi anser som mer justerbare. Vi har beregnet den totale kostnaden på komponentene til å ligge i området rundt 55 000-60 000kr (se vedlegg 8.1), en kostnad som i praksis ville vært noe annerledes dersom man hadde anskaffet komponenter i større kvantum basert på rammeavtaler og tilbud. I tillegg tar ikke denne estimeringen av pris hensyn til eventuelle arbeidstimer som ville blitt lagt inn i monteringen av en slik modul. Denne ekstrakostnaden vil potensielt være et betydelig påslag, men man kan argumentere for at også dette til en viss grad er tatt hensyn til i oppgaven. Ettersom vi har valgt å bruke komponenter som har vært en del av undervisningen på sjøkrigsskolen finnes kompetansen allerede i organisasjonen, og med en enkel oppskrift vil monteringen av en slik modul ikke ta mange arbeidstimer. Uavhengig anser vi dette som en uunngåelig kostnad, som vil være til stede uansett hvordan modulen utarbeides.

Komponenter med tilhørende kostnader vi anser som vanskelig å redusere i noen særlig grad er PLS og Raspberry Pi. I teorien ville det vært mulig å erstatte en PLS med et helt nettverk av reléer, men dette ville både blitt svært omfattende og betydelig mindre stabilt, til tross for enkelheten i oppgavene som utføres. Angående valget av WAGO PLS-en er dette gjort basert på tilgjengeligheten på sjøkrigsskolen, til tross for at det finnes noe billigere alternativer som potensielt kunne utført den samme jobben. Det kan derimot argumenteres for at PLS-er er det

beste alternativet uavhengig av dette, ettersom den både er såpass driftssikker, og at den er en del av utdanningen på sjøkrigsskolen som gjør at den er lettere å anvende og feil-søke for personell i avdeling. RPI-en er på sin side tilsvarende uvurderlig, og er heller ingen drastisk kostnad i helheten til prosjektet, med en kostnad i område rundt 600kr. I skrivende stund er derimot tilgjengeligheten på denne relativt lav, grunnet en global mangel på microchiper.

Når det kommer til justerbare kostnader omhandler dette primært nettverksmodem, sensorer og aktuatorer. Modemet som benyttes i denne oppgaven er et industrielt modem, med mange muligheter for ekstra funksjoner som et billigere modem ikke ville hatt. Ettersom få av disse funksjonene faktisk benyttes i oppgaven kan man argumentere for at man kunne benyttet et simplere, og dermed billigere modem. Fordelen med dette modemmet er derimot stabiliteten det medbringer, spesielt med hensyn til både slag og spenningsvariasjon. En annen fordel som følger med dette modemmet er at den opererer med en variabel inngangsspenning fra 9-30 volt, som både gjør den relativt robust med hensyn til eventuell spenningsvariasjon, og gjør at den fungerer direkte inn mot de to spenningene resten av modulen opererer på. Innenfor skalaen budsjettet i dette prosjektet ligger på kan man dermed argumentere for at fordelene som følger dette modemmet er verdt den differansen i området rundt 1000kr ned til et billigere modem.

Angående aktuatorene finnes det fordeler ved å gå både opp og ned i prisklasse. Sylindrene som benyttes i dette prosjektet er derimot noe urealistiske å basere drøfting på, ettersom de primært brukes basert på tilgjengelighet i denne spesifikke oppgaven, og byr på betydelig mer kraft enn det som er nødvendig. På en mer generell basis kan man derimot argumentere for at det finnes fordeler ved både dyrere og billigere prisklasser. En svakhet som ble identifisert under testingen er at trege sylindere begrenser manøvreringsevnen, ettersom spesielt girskifte tar forholdsvis lang tid. En dyrere sylinder vil kunne ha en raskere bevegelse mellom gir-posisjonene, og på denne måten øke manøvrerbarheten betraktelig. Dette er ikke like aktuelt for pådragssylinder, ettersom den allerede fungerer raskere enn manuell styring. I tillegg kan dyrere sylindere ha inkludert potensiometer som utelater behovet for en ekstra komponent. På den andre siden er det ikke nødvendigvis slik at fordelene som følger med litt dyrere aktuatorer gjør en drastisk forskjell, og at det dermed er lite å hente på å øke prisklassen. Draget i wirene krever ikke mer enn rundt 40N, som betyr at mange dyrere komponenter raskt vil være svært overflødige med hensyn til kraft, og at det er mye å spare på å gå for litt tregere og betydelig svakere sylindere. I tillegg vil det være en begrensning på hvor rask bevegelse wiren kan utsettes for, ettersom for raske bevegelser vil føre til stor slitasje, og potensielt gjøre at den ryker.

Det er vanskelig å finne billigere fjernstyrte hydraulikkpumper som både passer til systemet, og som er like driftssikre som pumpen vi benytter. Det hadde derimot vært mulig å finne alternative metoder å styre båten på. Det hadde teoretisk vært mulig å montere en servo på rattet og benytte denne til å styre kursen, en løsning som ville vært betydelig billigere. En nedside med dette vil være at det i så fall blir en svært egentilpasset løsning som vil være vanskelig å anskaffe som reservedel dersom den blir ødelagt. Kombinert med sannsynligheten for at den trolig vil være mindre robust enn pumpen er dette en klar svakhet. En fjernstyrt plattform fra et marinefartøy vil med høy sannsynlighet utsettes for noe utfordrende sjø-forhold, og dersom styringen slutter å fungere vil det kunne være en stor utfordring å få båten tilbake om bord. I tillegg vil man miste muligheten til å umiddelbart overstyre fjernstyringen, som kan være en risiko dersom man har personell om bord. Basert på dette anser vi pumpen som det beste alternativet, ettersom vi mener fordelene veier opp for den ekstra kostnaden.

Angående sensorene som benyttes er det i stor grad oppdateringshastighet og robusthet som er avgjørende faktorer, hvor begge er kvaliteter som øker eller minker i samsvar med prisen. Av de aktuatorene som er en del av modulen er det spesielt gir-aktuatoren som stiller krav til presisjon, ettersom det er tre spesifikke punkter med relativt lite margin for å stille inn giret. Slik modulen er satt opp nå er det mulig å hente enda mer presisjon ut av potensiometrene med mer bedre kalibrering og montering, og man kan på dette grunnlaget argumentere for at man kan ha billigere sensorer enn det vi bruker. Dette vil på sin side stille større krav til montering og oppfølging av sensorene, som fører til en egen drøfting rundt kost-nytte. Når det kommer til pådrag og ror-utslag er derimot et alternativ å gå vekk fra potensiometere i sin helhet, og løse problemstillingen rundt styring med en form for regulering. Dette kunne enten vært automatisk eller manuell regulering for å finne ønsket punkt i bevegelsen, og kun nøyd seg med endebrytere i stedet. Som støtte i reguleringen kunne man brukt retningsdata fra GPS, og dermed konstruert en funksjonell løsning, som kunne vært billigere. Det er derimot ikke nødvendigvis de store summene å spare på dette, og potensiometrene som benyttes nå er en god og testet løsning.

5.2 Funksjonalitet

Funksjonaliteten til fjernstyringen kan sees i sammenheng med bruksområdene fjernstyringsmodulen er tiltenkt å brukes til, ettersom kravene som stilles til modulen vil være svært varierende. Målsetningen i oppgaven er begrenset til grunnleggende fjernstyring, primært innenfor synsrekkevidde.

Modulen dekker i varierende grad de grunnleggende funksjonene for fjernstyring av båten. Det er mulig å starte, stoppe, gire, akselerere og styre båten fra avstand. Hvor godt den gjør hver av disse funksjonene kan derimot diskuteres, spesielt sett opp mot bruksområdet. Start og stopp er forholdsvis binært, enten fungerer det, eller så fungerer det ikke. Ved å koble seg på de elektriske signalene til båten direkte, med en parallellkobling som tillater både manuell og fjernstyrt styring, er måten det er løst på relativt robust og enkel å reversere. Det som bestemmer hvor godt styringen av ror, pådrag og gir fungerer kan på sin side fastslås med mål av tid og presisjon. Resultatene av testingen viser at styring av ror-utslag og pådrag går enda litt raskere enn manuell styring, og oppløseligheten på aktuatorene er ingen stor begrensning for å oppnå et ønsket ror-utslag eller pådrag.

En mulig problemstilling som kan tolkes ut fra testene er derimot at hastigheten på gir-endring kan begrense manøvrerbarheten noe. Testene viser at endring av gir tar mellom 3 og 5 sekunder, etter at pådraget er satt til 0, en handling som manuelt kan gjøres nesten umiddelbart. Under finmanøvrering som tillegging til kai, som kan kreve en del raske girskifter, vil denne tiden være en viss begrensning. For å få ned denne tiden vil man måtte ha en sylinder med raskere bevegelse, ettersom det kun er dette som begrenser hastigheten på girskiftet slik det er nå. Det går allikevel raskt nok til at man fint bør kunne få båten til land uten skade på materiell og personell så lenge den opereres med forsiktighet. I høyere hastighet vil derimot girskifte ha liten innvirkning, ettersom giret primært er satt til fremover. Videre er den subjektive opplevelsen av styringen at dataoverføringshastigheten er god nok til at plattformen føles responsiv, og hastigheten dermed ikke en begrensning på styringen. Tiden fra at en handling aktiveres til den iverksettes mekanisk er tilnærmet umiddelbar, som viser at programmet ikke bruker lang tid på prosesseringen av handlingene. Oppsummert kan man si at en grunnleggende fjernstyring er oppnådd.

Det er derimot noen svakheter ved modulen dersom man ser forbi det helt grunnleggende. Det er en del informasjon som operatøren ikke har tilgjengelig under fjernstyring, som i noen tilfeller kan være essensiell. Dette er blant annet avlesninger som temperatur på motoren og oljenivå, eller en tilbakemelding om at motoren er i gang. Nødvendigheten av dette opp mot grunnleggende fjernstyring kan derimot diskuteres. Dersom plattformen skal benyttes over lengre tidsintervaller eller distanser kan dette være sentralt for bruken, og derfor en naturlig del av fjernstyringen. Dette kan for eksempel være dersom plattformen skal brukes til rekognosering av områder, eller frakting av personell. Disse avlesningene er på sin side forholdsvis enkle å få til

dersom det hadde vært ønskelig. På den andre siden kan man argumentere for at disse funksjonene ikke er fullt så nødvendige dersom man skulle lastet plattformen med eksplosiver og brukt den som et fjernstyrt våpen mot et fiendtlig fartøy. Videre viser HAT-testen at styringen av modulen er tilfredsstillende, noe som bør gjelde i både høyere og lavere hastighet. En slik oppgave krever primært at plattformen kan styres forholdsvis simpelt, og dersom man ser modulen i lys av en slik oppgave kan man argumentere for at fjernstyringen er god nok.

En annen svakhet ved systemet slik det er satt opp nå er at det i utgangspunktet krever en viss forhåndskjennskap til både plattformen og operatørpanelet for å kunne bruke det. Fjernstyringen er satt opp med en intensjon om å være intuitiv, for eksempel styring med WASD-tastene, men utover dette er det ikke tatt hensyn til ukjente brukere. Et eksempel på dette er at det ikke er noen funksjon som hindrer operatøren å endre gir mens motoren fortsatt har pådrag, en handling som kan få store konsekvenser for motoren. En mulig utbedring på dette kunne vært å programmere styringen slik den manuelle konsollen fungerer, hvor giringen er en automatisk del av å ta pådraget fremover, som gjør at det ikke er mulig å gire med feil pådrag. Dette vil fjerne muligheten for en handling som er enkel å begå, enten man ikke vet bedre eller man gjør den ved en feil, og som i praksis kan ødelegge motoren. Dette er bare ett eksempel på sikkerhetsfunksjoner som kan gjøre brukervennligheten ovenfor brukere med mindre inngående kjennskap til systemet betraktelig bedre.

Et problem som ble synlig ved testing av modulen var at oppstart av systemet trakk for mye strøm fra batteriet. Dette er en problemstilling som er relativt sentral for funksjonaliteten til modulen, ettersom fjernstyringen mistet kontakt med plattformen da spenningen falt. I verste fall kan dette gjøre at systemet sender en kommando som PLS-en fanger opp, men som man ikke får avbrutt via fjernstyringen. En mulig løsning på dette ville vært å installere et ekstra batteri som er forbeholdt modulen under oppstart, som også lades ved kjøring. På denne måten blir systemet mindre utsatt for strømproblematikk, og dermed mer robust enn det foreløpig er. Dette er derimot en mindre sannsynlig problemstilling ved vanlig bruk, ettersom batteriet lades ved kjøring. En sannsynlig årsak til at denne spenningsduppen skjedde under testingen var at det var gjort en god del arbeid med det elektriske systemet uten at båten var blitt kjørt, som gjorde at batteriet hadde lav spenning. På en Sjøbjørn er det på sin side allerede to batterier, som gjør at dette ikke vil være en problemstilling i det hele tatt på en slik plattform.

Modulen har ingen måte å fange opp når den har og ikke har dekning, og operatøren vil kun få en varsling om at maskinen prøver å gjenopprette kontakt med serveren. Ettersom modulen ikke har noen feedback på når den mister dekning er det heller ikke lagt inn noen funksjon som tar

høyde for hva som skal gjøres når dette skjer. I praksis vil det si at modulen fortsetter i det handlingsløpet den var i da den mistet dekning, for eksempel at dersom man justerte hastigheten oppover da man mistet dekningen vil den fortsette å gå oppover til den når maks. Om man ikke justerte noe som helst vil den fortsette i samme kurs og fart, jo mindre det er en person i båten, som uavhengig av dekningen vil ha muligheten til å overta styringen. Dette er en tydelig svakhet ved modulen slik det er i dag, og som kan føre til stor skade på både personell og materiell. I en militær kontekst er det heller ikke unormalt at dataoverføring forstyrres, som gjør at dette er en spesielt relevant problemstilling. Det å legge inn et handlingsmønster behøver derimot ikke å være veldig utfordrende, så lenge man får lagt inn en funksjon som registrerer om man er innenfor eller utenfor dekning.

5.3 Overførbarhet til andre fartøy

En del av premisset til oppgaven er at sjøforsvaret har mange forskjellige lettbåter, og at det bør være mulig å lage en modul som er relativt overførbar mellom de forskjellige fartøystypene. Tidligere i oppgaven er en del av prinsippene som skal være overførbare redegjort for, men hvordan dette fungerer i praksis kan innebære noe større variasjon, ettersom det både er fysiske komponenter og programvare som skal fungere på tvers av fartøy.

Når det kommer til de fysiske aktuatorene, pådrags- og gir-sylinder, samt hydraulikkpumpe, er det lite som skal til for å kunne montere modulen på en annen plattform. Dersom modulen skal monteres på en annen lettbåt med påhengsmotor som fremdrift vil det være aktuelt med samme antall aktuatorer som på RIB-en vi har utviklet den for. Det som potensielt kan variere noe fra fartøy til fartøy er kraften som kreves for å justere pådrag og gir, og bevegelseslengden på de tilhørende wirene. Med de sylindrene som er benyttet i modulen er det både trekkraft og bevegelseslengde til overs, med god margin. Det samme gjelder sensorene som er brukt til å lese av på aktuatorene. Hydraulikkpumpen har også nok kraft til å styre alle de aktuelle påhengsmotorene, og vil kunne monteres uten problemer så lenge man har riktige overganger til hydraulikk-systemet. På programsiden vil man trolig måtte kalibrere systemet på nytt for hvert fartøy, ettersom små forskjeller i wire kan ha stort utslag på å få styrt inn riktig gir og pådrag. Her bør det derimot være mulig å legge inn en del i programmet hvor dette kan gjøres fra en HMI på PLS-en i stedet for å kun gjøre det mekanisk. Dette vil kreve en form for feedback fra motoren på når den er i det aktuelle giret, eller pådraget er null, som man så kan bruke til å oppdatere dataen i styresystemet slik at det blir riktig kalibrert. Utover dette er det liten variasjon i funksjoner, som gjør at programmet er klart til å brukes på andre plattformer.

Både kraftmengde og bevegelseslengde på sylindrene vil være gode nok for å monteres på Sjøbjørn, ettersom wirestyringene på Sjøbjørn er målt til å kreve litt mindre kraft enn RIB-en, og bevegelseslengden er relativt lik. Pådraget fungerer likt som på RIB-en og er derfor bare å flytte over, og det samme gjelder styringssystemet med hydraulikkpumpen. En tydelig forskjell på fartøystypene er derimot skopet, som vil kreve en egen aktuator. Dette er derimot mulig å løse slik modulen er konstruert, ettersom gir-styringen er digital, noe som gjør at det ikke er nødvendig å benytte den andre sylindren til girring. Styringen av skopet foregår også langs en lineær akse ved hjelp av wire, og det er dermed mulig å bruke den samme sylindren. En følge av disse forskjellene blir at programmet må justeres, ettersom det må tilpasses styring av skop og digitalt gir, i tillegg til den nødvendige kalibreringen. På lik linje som med alternative RIB-er er det da kun kalibreringen som må gjøres på nytt når programmet er skrevet, som betyr at man kan ha begge oppsettene tilgjengelig, og bestemme etter fartøy. I tillegg er det kun PLS-en som i så fall trenger å justeres, i tillegg til å legge til funksjonen for skop på fjernstyringspanelet, som betyr at resten av programmet er relativt direkte overførbart mellom fartøystyper.

Et annet aspekt av overførbarheten er mulighetene som følger med alternative plattformer. Et eksempel på dette er at en Sjøbjørn allerede har egen GPS og navigasjonssystem, som vil være betydelig bedre funksjonelt enn det som er brukt i modulen, og i tillegg gir mulighet for bruk av eksempelvis AIS. På denne måten kan man både redusere kostnadene ved modulen, og legge til flere og mer presise funksjoner. I tillegg bruker mange av lettbåtene, og ikke bare Sjøbjørner, samme form for navigasjonssystem, som gjør at det bør være mulig å legge inn en del av programmet som kan kobles inn når man skal benytte modulen på lettbåter med slike systemer. Ettersom det er flere ulike muligheter som dukker opp ved forskjellige plattformer er det mulig å se for seg at modulen kan ha et utvalg av forhåndstilpassede funksjoner, som kan kobles inn eller ut avhengig av kapabilitetene på fartøyet. Dette kan for eksempel være valg av oppsett i forhold til fremdriftssystem, valg av oppsett til GPS og eventuelle andre oppsett som kommer av alternative systemer om bord.

I forhold til permanente endringer som må gjøres ved båtene er det noen deler som har vært uunngåelig. Det er derimot ingen drastiske endringer som vil ødelegge for normal drift av fartøyet, ettersom det primært innebærer å koble seg på det eksisterende ledningsnett, og eventuelt installere noen få knapper på kontrollpanelet om bord. Dersom det skal være mulig å koble modulen hurtig av og på fartøyet er det nødvendig å ha koblet seg på ledningsnett, som gjør at man får tilgang til relevante avlesninger og digitale styresignaler. Dette vil parallellkobles slik at det ikke ødelegger for vanlig bruk, og samles inn i hurtigkoblinger. Disse koblingene vil

deretter kunne ligge skjult under styringspanelet, og dermed ikke ha noen innvirkning på vanlig drift. Avhengig av lett båten som skal fjernstyres vil det også potensielt måtte settes opp noen uavhengige brytere, slik at man kan styre manuelt mens modulen er koblet inn. Det vil si at det er svært få permanente endringer som må gjøres, og disse er mulig å skjule forholdsvis godt når modulen ikke er koblet på.

6 Konklusjon med anbefaling

I denne oppgaven har vi utviklet og testet en modul som gjør det mulig å gjøre lettåter fjernstyrte, og denne har blitt utviklet med et fokus på fire hensyn. Det skal være billigst mulig, og være mest mulig overførbar på tvers av lettåter. I tillegg har ambisjonsnivået vært å oppnå en forholdsvis grunnleggende fjernstyring, hvor basisfunksjonene for styring er dekket, med et minimumsnivå av oversikt over omgivelsene. Videre har den skullet være enkel å montere/demontere, med en størrelsesorden som kan håndteres av én person.

Angående billigst mulig kostnad mener vi at vi i stor grad har lykket. Muligheten til å fritt velge komponenter basert på pris og funksjonalitet har blitt noe begrenset, med utgangspunkt i et budsjett som har gjort at vi har måttet bruke en del komponenter basert på tilgjengelighet. Til tross for dette er kostnaden på modulen holdt til et relativt lavt nivå, uten at det har gått på bekostning av funksjonalitet og robusthet. I tillegg er kompetansen på de komponentene som er benyttet svært tilstedeværende i sjøforsvaret, ettersom valget av samtlige komponenter en basis i undervisningen på sjøkrigsskolen. Dette vil i seg selv kunne spare ekstra kostnader, ettersom man kan redusere tid på opplæring av personell.

Det er vanskelig å sette en tydelig grense på når fjernstyringen er ferdig utviklet, ettersom det alltid er funksjoner som kan legges til og forbedres. Med dette forbeholdet vil vi derimot påstå at vi har lykket i å konstruere en modul som muliggjør en grunnleggende fjernstyring, og som i tillegg er relativt brukervennlig. På én side kan man si at testene har vist at fjernstyringen fungerer tilfredsstillende. De grunnleggende funksjonene for styring er dekket, og operatøren har en viss oversikt over omgivelsene via et kamera og GPS, og som dermed kan bety at målet er oppnådd. Det er derimot noen mangler i form av monitorering av feil på plattformen og sikkerhetsfunksjoner, men disse vil være forholdsvis enkelt å legge til. Kombinert med at plattformen kan ha nytte av bedre sensorpakker for bedre oversikt, og eventuelle andre funksjoner som er nødvendige for spesifikke operasjoner, kan man konkludere med at modulen også har et stort potensial for videreutvikling.

Modulen er til en viss grad lagt til rette for å brukes på andre lettåter enn den er utviklet på. Om man sammenligner med andre fartøy som drives av påhengsmotor med tilhørende styringskonsoll er modulen relativt direkte overførbar. Her er det primært mulighetene for å benytte kapabilitetene om bord på den alternative plattformen, og mulighetene disse gir til å forbedre ytelsen til modulen som er relevant for overførbarheten. Dette gjelder også dersom man skal

benytte modulen på en båt med vannjet, men her vil det også kreve noe omdisponering av aktuatorer, med tilhørende programjustering. Oppsummert kan man dermed konkludere med at modulen er relativt overførbart, og at det primært er muligheter for forbedring ved nye plattformer som taler for endringer på modulen.

Modulen består for det meste av en rekke komponenter som har plass i en koffert, med et utvalg aktuatorer og sensorer utover dette. Alt dette vil kunne få plass til å oppbevares og transporteres i en beholder som kan håndteres av en enkeltperson. Videre vil modulen enkelt kunne monteres og demonteres ved hjelp av hurtigkoblinger, når disse først er montert på båten. Sammen med et lite utvalg knapper som monteres på styringskonsollen er disse hurtigkoblingene også de eneste permanente endringene på båten, og disse er enkle å stue bort. Man kan dermed konkludere med at modulen er enkel å håndtere og montere, og innebærer kun noen få permanente endringer med tilnærmet ingen påvirkning på normal drift.

Basert på drøftingen og disse konklusjonene er det noen punkter vi vil anbefale å utvikle videre på modulen:

- Tilrettelegge for bruk av navigasjonsutstyr på alternative fartøy.
- Utvikle program som kan tilpasses andre fartøystyper.
- Forbedre monitorering og sikkerhetsfunksjoner for fjernstyringen.
- Utvikle brukergrensesnittet videre.
- Utvikle alternative sensorpakker som kan øke kompleksiteten på oppgavene fjernstyringen kan brukes til.

7 Referanser

- Distrelec Schweiz AG. (2022, Desember 16). *elfadistrelec*. Hentet fra elfadistrelec:
https://www.elfadistrelec.no/en/socket-with-miniature-switching-relay-857-1co-dc-24v-6a-cage-clamp-terminal-wago-857-304/p/11051783?ext_cid=shgooaqnono-Shopping-PerformanceMax-CSS&&cq_src=google_ads&cq_cmp=18221858120&cq_con=&cq_term=&cq_med=pla&
- Forsvarets forskningsinstitutt. (2022, Desember 13). *FFI*. Hentet fra FFI.no:
<https://www.ffi.no/forskning/prosjekter/autonom-minerydding>
- Gravdahl, J. T. (2022, Mai 12). *Store norske leksikon*. Hentet fra SNL:
<https://snl.no/reguleringsteknikk>
- Hareide, O. S., Relling, T., Pettersen, A., Sauter, A., Mjelde, F. V., & Ostnes, R. (2018, 10). Fremtidens autonome ubemannede kapasiteter i Sjøforsvaret. *Necesse*, ss. 123-148.
- Hertz, D. (2020, 02 03). *Maker Pro*. Hentet fra maker.pro: <https://maker.pro/raspberry-pi/tutorial/how-to-use-a-gps-receiver-with-raspberry-pi-4>
- Jacksonliam. (2022, Desember). *mjpg-streamer*. Hentet fra github:
<https://github.com/jacksonliam/mjpg-streamer>
- Loddengaard, T. (2022, Desember 16). Skisse hydraulikksystem. Bergen.
- Marineshop AS. (2022, Desember 16). *marineshop*. Hentet fra marineshop:
<https://www.marineshop.no/teleflex/102606/teleflex-autopilot-pumpe-100cu-12v-ap1233-16-4cm3-s-205-345cm3>
- Maritime Partner. (2022, Desember 16). *Maritime Partner*. Hentet fra maritime-partner:
<https://maritime-partner.com/segments/boats/sj%C3%B8bj%C3%B8rn-25-mk-iii>
- Presterud, A. O., Øhrn, M., & Berg, I. H. (2016). *Effektive materiellanskaffelser i Forsvaret - økonomiske gevinster ved økte hyllevareanskaffelser*. FFI.
- Progress Ingeniørfirma AS. (2022, 12 14). *Progressing* . Hentet fra Progressing:
<https://progressing.no/wp-content/uploads/2018/07/Vannjet.pdf>
- Sandpoint Marine & Motorsports. (2022, Desember 16). *sanpoint marine and motorsports*. Hentet fra sanpointmarineandmotorsports:

- <https://sandpointmarineandmotorsports.com/Boat-Engines-Evinrude-E-TEC-75-HP-0-Ponderay-ID-3e7b2220-f001-4e1d-bfeb-aa8b00886df6>
- Sauter, A. (2021, Mai 27). Styresystemer med måleteknikk. Forsvarets høyskole.
- Telenor. (2022, Desember 16). *Telenor*. Hentet fra Telenor.no:
https://www.telenor.no/dekning/?gclid=Cj0KCQiA37KbBhDgARIsAIzce17xaSsfRQ-2PHIXcoEjEQJ_-fllAGhTi_JaRwBo4OFrK0WjfvaHIEaAsGREALw_wcB&ef_id=Cj0KCQiA37KbBhDgARIsAIzce17xaSsfRQ-2PHIXcoEjEQJ_-fllAGhTi_JaRwBo4OFrK0WjfvaHIEaAsGREALw_wcB%3AG%3As&s_kwid=AL%21285%
- Vevor . (2022, Desember 16). *Vevor*. Hentet fra Vevor: https://www.vevor.com.au/outboard-control-box-c_11486/vevor-marine-remote-control-box-throttle-shift-for-brp-johnson-evinrude-outboard-p_010874709594
- Vikene, O. S. (2020, 5 6). *NDLA*. Hentet fra <https://ndla.no/nb/subject:1:8c5a9fdd-4fa4-456b-9afe-34e7e776b4e7/topic:9a14a193-5d47-498d-bdd9-40769d8887c7/resource:487e43d4-9539-426b-bcff-f2752fb18961>

8 Vedlegg

8.1 Budsjett og deler

Budsjett fjernstyrt sjøbjørn							
Produkt	Antall bestilt	Pris/stk (ink.mva)	Pris/stk (eks.mva)	Sum (ink.mva)	Sum (eks.mva)	Utlån	Merknad
RaspberryPi 3B+	1	kr 719,10	kr 575,28				x
Nettverksswitch	1	kr 685,00	kr 548,00	kr 685,00	kr 548,00	x	
Spiralslange	1	kr 152,50	kr 122,00	kr 152,50	kr 122,00		
Apparatstikkontakt 4-pin	7	kr 162,80	kr 130,24	kr 1 139,60	kr 911,68		
Kabelkontakt	7	kr 258,75	kr 207,00	kr 1 811,25	kr 1 449,00		
Apparatstikkontakt 17 pin	1	kr 356,99	kr 285,59	kr 356,99	kr 285,59		
Kabelkobling 17-pin	1	kr 541,25	kr 433,00	kr 541,25	kr 433,00		
Posisjonsensor	1	kr 1 450,00	kr 1 160,00	kr 1 450,00	kr 1 160,00		Gir
Posisjonsensor	1	kr 2 010,00	kr 1 608,00	kr 2 010,00	kr 1 608,00		Styring motor
Bryter	1	kr 185,06	kr 148,05	kr 185,06	kr 148,05		Holdefunksjon CO
Bryter	4	kr 150,09	kr 120,07	kr 600,36	kr 480,28		Momentanfunksjon CO
Bryter	1	kr 252,84	kr 202,27	kr 252,84	kr 202,27		Nødstop NO/NC
Omformer til 5v	1	kr 385,00	kr 308,00	kr 385,00	kr 308,00	x	
Hydraulikkpumpe	1	kr 9 839,00	kr 7 397,65	kr 9 839,00	kr 7 397,65	x	
Vannrett etui	1	kr 1 311,76	kr 1 049,41	kr 1 311,76	kr 1 049,41		
4G Modem	1	kr 1 799,00	kr 1 439,20	kr 1 799,00	kr 1 439,20		
omformer til 24V	1	kr 2 500,00	kr 1 875,00	kr 2 500,00	kr 1 875,00	x	
Rele	12	kr 346,25	kr 277,00	kr 4 155,00	kr 3 324,00	x	
Elektrisk sylinder	2	kr 2 973,75	kr 2 379,00	kr 5 947,50	kr 4 758,00	x	
PLS	1	kr 7 150,00	kr 5 720,00	kr 7 150,00	kr 5 720,00	x	
PLS-DO	1	kr 1 408,19	kr 1 126,55	kr 1 408,19	kr 1 126,55	x	
PLS-DI	1	kr 1 626,25	kr 1 301,00	kr 1 626,25	kr 1 301,00	x	
PLS-AI-10V	2	kr 2 712,50	kr 2 170,00	kr 5 425,00	kr 4 340,00	x	
PLS-AI-RTD	1	kr 4 948,75	kr 3 959,00	kr 4 948,75	kr 3 959,00	x	
Diverse	1	kr 1 000,00	kr 750,00	kr 1 000,00	kr 750,00	x	
Adafruit ultimate GPS Breakout v3	1	kr 738,75	kr 591,00	kr 738,75	kr 591,00	x	
RPI WWCAM	1	kr 462,83	kr 370,26	kr 462,83	kr 370,26	x	

Totalsum eks.mva:	kr	45 656,94
Totalsum ink.mva:	kr	57 881,88

Tootalsum bestilt eks.mva	kr	9 288,48
Totalsum bestilt ink.mva	kr	11 610,61

Lenke:
RPI 3B+ + RPI OS 16GB + T5989DV Rasperry Pi 3 Model B+ PiOS, strømforsyningsenhet Eifa Distrelec Norge
CBS110-8T-D-EU Cisco Small Business Ethernet-switch, RJ45-porter 8, 1Gbps, Uadministrert Eifa Distrelec Norge
SBPE9D-PE-BK-5M HellermannTyton Spiralslange, 10 ... 100mm, Polyetylen, 5m, Svart Eifa Distrelec Norge
DMS 3102A14S-2S Fujikura (DDK) Apparatstikkontakt, 4-pinners Eifa Distrelec Norge
DMS 3106A14S-2P+ DMS 3057-6AK Fujikura (DDK) Kabelkontakt, 4-pinners Eifa Distrelec Norge
DMS 3102A20-29P Fujikura (DDK) Apparatstikkontakt, 17-pinners Eifa Distrelec Norge
DMS 3106A20-29S+ DMS 3057-12AK Fujikura (DDK) Kabelkobling, 17-pinners Eifa Distrelec Norge
KL 1000-SK0/M-SE Contelec Posisjonsensor 1 % 5 kOhm Spenningsdeler Eifa Distrelec Norge
KTC-300-P Varohm EuroSensor Posisjonsensor 0.05 % 5 kOhm Spenningsdeler Eifa Distrelec Norge
RND 210-00396 RND Components Vandalsikker trykknappbryter, 1CO, Løsende funksjon, IP67, Flatslitt 2.8 x 0.5 mm Eifa Distrelec Norge
RND 210-00391 RND Components Vandalsikker trykknappbryter, 1CO, Momentan funksjon, IP67, Flatslitt 2.8 x 0.5 mm Eifa Distrelec Norge
RND 210-00416 RND Components Vri for å frigjøre den vandalsikre bryteren, 1 brytende (NC)/1 sluttende (NO), IP 65/IP02 Eifa Distrelec Norge
SD-25A-5 MEAN WELL DC/DC-omformer 9.2 ... 38V, 5V, 5A, 25W Eifa Distrelec Norge
TELEFLEX Autopilot pumpe, 100cc - 12V AP1233 - 16,4cm3/s - 205-345cm3 - Marmeshop AS
RND 550-00088 RND Lab Vannrett etui, 428x555x211mm, Polypropylen (PP), svart Eifa Distrelec Norge
https://www.kjell.com/Ino/produkter/nettverk/rutere/4g-ruter/hellermann-tyton-rt240-4g-ruter-med-modem-p62732?productId=CJKCQwh7-abhCUARISALNIC09_PVnB0a0wCYtsMmP0szagsaIK-9R6sE6UuN9-qB5uGjoRQZ5MwdkaAo0-EALw_wcb&gclid=...
857-304 Wago Pluggsokkel med miniatyrkoblingsrelé 857 1CO DC 24V 6A Burklemmeterminal Eifa Distrelec Norge
121000-11001220 Linak Linegett drev 12 VDC Eifa Distrelec Norge
750-891 Wago Programmerbar logisk kontrollør 31.2VDC 4 MB Ethernet/MODBUS Eifa Distrelec Norge
4279 Adafruit Ultimate GPS med USB Breakout Eifa Distrelec Norge
RPIWWCAM Rasperry Pi Vidinklet kameramodul med HD Eifa Distrelec Norge

8.2 ORM Fjernstyrt RIB testkjøring

Risikovurdering										Avdeling:		
Oppdrag/oppgave: Testkjøre fjernstyrt RIB							Dato: 17.10.2022		SKSK			
Utført av: Kadett Snorre Daasvatn							Side:		av sider:			
Nr:	Hovedaktivitet:	Fare:	Årsak:	K:(1)	S:(2)	R:(3)	Tiltak:	A,F:(4)	K:	S:	R:	Merknad:
Risiko, Operasjon												
1	Operering i grov sjø	Slagskader, fall over bord	Fart ikke tilpasset rådende forhold	4	2	8	Fart skal tilpasses forhold. Verneutstyr skal benyttes. Dødmannskap	Kadett Daasvatn	2	1	2	Skal ikke brukes i grov sjø
2	Høy hastighet	Slagskader, fall over bord	Fart ikke tilpasset rådende forhold. Crash stopp	4	2	8	Fart skal tilpasses forhold. Verneutstyr skal benyttes. Dødmannskap	Kadett Daasvatn	2	1	2	Skal brukes i lav hastighet.
3	Grunt/trangt farvann	Slagskader, fall over bord, materiellskade	Grunnstøting, påkjørsel	5	2	12	Fart skal tilpasses forhold. Verneutstyr skal benyttes.	Kadett Daasvatn	2	2	4	Skal ikke brukes i ukjente farvann.
4	Utsetting/opptaking	Klemskade, fall over bord, slagskade	Uerfarent personell, uoppmerksom, forhaler ryker	4	2	8	Verneutstyr skal benyttes. Godkjent kranoperatør. Godkjent løftmateriell. Ingen skal oppholde seg under hengende last	Kadett Daasvatn	2	2	4	Ved uforutsette hendelser stopper løfteoperasjonen.
5	Landsetting	Fall over bord, klemskade, materiellskade	Uoppmerksomhet, feiltolkning av farvann	3	2	6	Lav hastighet, Samme vei ut som inn.	Kadett Daasvatn	2	2	4	Skal i utgangspunktet ikke landsette.
6												
Risiko, Materiell												
7	Skade på propell	Tap av / begrenset fremdrift	Tau i propell, Propell berører kai, grunne	3	2	6	Positiv visning til kai,	Kadett Daasvatn	2	2	4	
8	Skade på skrog	Oppskraping av baug, og kjø	Grunnbereøring ved operering på grunt	2	3	6	Tilpasse hastighet etter farvann.	Kadett Daasvatn	2	2	4	
	BI 1021 B, Gyldighet fra 01.01.11		Ugradert – internt. Skal ikke viderefremmes til forsvarssektoren.									

FORSVARET

Nr:	Hovedaktivitet:	Fare:	Årsak:	K:(1)	S:(2)	R:(3)	Tiltak:	A,F:(4)	K:	S:	R:	Merknad:
10	Motorhavari	Varmkjøring av motor, mangel på olje.	Manglende vedlikehold	4	3	12	Rutiner / vedlikehold ihht	Kadett Daasvatn	4	1	4	
Risiko, Miljø												
11	Bunkring	Overbunkring, oljer og bensin i sjø	Uoppmerksomhet. Feil med fyllemateriell	2	3	6	Filler skal være tilgjengelig. Verneutstyr skal benyttes. Bunkringsutstyr skal vedlikeholdes	Kadett Daasvatn	2	1	2	Braker bensintank, vil derfor hovedsakelig bli bunkret på land.
12	Utslipp ved lensing	Diesel eller kommer ut med lensevann	Lekkasje fra tanker	2	3	6	Vurdere tetthet i oppstartsruiner. Vurdere om vann i båt inneholder olje/bensin	Kadett Daasvatn	2	2	4	Om båten har behov for lenising skal forurenset vann føres til spilltank.
13	Bølger	Bølger skader andre fortoyde båter / brygger eller mindre farkoster	Ugunstig fart, uoppmerksomhet	3	3	9	Båtfører skal la hensyn til andre mindre båter og operere hensynsfullt nær kaier / havner.	Kadett Daasvatn	3	1	3	
14	Støy	Unødvendig forstyrrelse av hekkende fugl og bebodde områder	Dårlig planlagt operasjonsområde. Uoppmerksomhet	2	2	4	Det skal tas hensyn til kjente villreservat / hekkeområder i planlegging av aktivitet.	Kadett Daasvatn	2	1	2	
Risiko, Person/HMS												
15	Fall over bord	Hypotermi, drukning, fallskade	Uoppmerksomhet, sammenstøt, dårlig intern kommunikasjon i båten og med fjernoperatør	4	2	8	Godkjent redningsvest/flyte vest skal benyttes. Alle involvert i testkjøring skal være kjent med hvilken aktivitet / operasjon båtfører skal utføre. Dødmannsknapp	Kadett Daasvatn	2	2	4	
16	Støy	Skade på hørsel	Mye motorstøy og støy fra fartsvind	3	3	9	Ved lengre opphold i høy fart skal støyttetthet vurderes	Kadett Daasvatn	2	2	4	
	BI 1021 B, Gyldighet fra 01.01.11		Ugradert – internt. Skal ikke viderefremmes til forsvarssektoren.									

8. Vedlegg

FORSVARET

Nr:	Hovedaktivitet:	Fare:	Årsak:	K : (1)	S: (2)	R: (3)	Tiltak:	A,F : (4)	K:	S:	R:	Merknad:
17	Øyeskade	Bensinsprut på øyne	Uoppmerksomhet, feil på bunkringsutstyr	2	3	6	Vernebriller skal benyttes ved bunkring	Kadett Daasvatn	2	2	4	
18	Klemeskader	Klemme deler av eller hele kroppen mellom båt, kai(er) e.l.	Brudd på prosedyre, uoppmerksomhet	4	3	12	Prosedyre skal følges. Personell i båt skal ha forhold til hvor klemeskader kan oppstå.	Kadett Daasvatn	3	2	6	
19	Fallskader	Fall i båt under operering	Uoppmerksomhet, fart ikke tilpasset forhold, båtmannskap holder seg ikke fast	3	3	9	Fart skal tilpasses forhold. Verneutstyr skal benyttes. Båtmannskap skal alltid holde seg godt fast ved operering i høy hastighet / sjøgang	Kadett Daasvatn	3	2	6	Skal i utgangspunkt ikke opereres slik at fallskader kan oppstå.
Risiko, Fjernstyring												
20	Fjernstyring- styring	Ukontrollert styring	Programfeil, funksjonsfeil	4	3	12	Mulighet for overstyring, av fjernstyring ved knapp eller ratt. "testkjøring" på land i forkant.	Kadett Daasvatn	2	2	4	Det er lagt inn dobbeltoverstyringsvern som gir mulighet for å manuelt ta kontroll
21	Fjernstyring-pådrag	Ukontrollert pådrag	Programfeil, funksjonsfeil	4	3	12	Mulighet for overstyring, ved knapp eller dødmannsnor, "Testkjøring" på land i forkant.	Kadett Daasvatn	2	2	4	Det er lagt inn dobbeltoverstyringsvern som gir mulighet for å manuelt ta kontroll
Utfyllende kommentarer:												
avstand til farer, tidsbruk, havnebasseng, vær												

^[1] Konsekvens: 5-Kritisk/svært alvorlig, 4-Alvorlig, 3-Moderat, 2-Lav/mindre, 1-Ubetydlig

^[2] Sannsynlighet: 5-Svært stor, 4-Stor, 3-Moderat, 2- Liten, 1-Meget liten

^[3] Konsekvens * sannsynlighet.

^[4] Ansvar og frist

^[5] Restrisiko/gjenstående risiko etter at tiltak er iverksatt.

Ugradert – internt. Skal ikke videreformidles utenfor forsvarssektoren.

Bl 1021 B, Gyldighet fra 01.01.11

8.3 WAGO e!cockpit program (PLS)

1.1 og 1.2 er case-setninger som brukes til å styre gir og generelt modus.

Den globale variabellisten inneholder de fleste verdiene i programmet, både de som brukes til å overføre verder til brukergrensesnittet og de som brukes lokalt. De variabelene er stort sett de samme som brukes i node-red.

1.1 DUT: GEAR_STATE

```

1      {attribute 'strict'}
2      //CASE-setning for girstyring
3      TYPE GEAR_STATE :
4      (
5          IDLE , REVERSE , NEUTRAL , FORWARD
6      );
7      END_TYPE
8

```

1.2 DUT: MAN_SYS

```

1      {attribute 'strict'}
2      TYPE MAN_SYS :
3      (
4          MANUAL , PLC
5      );
6      END_TYPE
7

```

1.3 Global Variable List: GVL

```

1      VAR_GLOBAL
2      //D/O
3          //alle de digitale signalene som sendes ut av PLS.
4          //styring retning hydraulikkpumpe
5          PORT AT %QX0.0 : BOOL;
6          STARBOARD AT %QX0.1 : BOOL;
7          //pådragssylinder
8          THROTTLE_IN AT %QX0.2 : BOOL;
9          THROTTLE_OUT AT %QX0.3 : BOOL;
10         //girsylinder
11         GEAR_OUT AT %QX0.4 : BOOL;
12         GEAR_IN AT %QX0.5 : BOOL;
13         //tilt av motor
14         TILT_UP AT %QX0.6 : BOOL;
15         TILT_DOWN AT %QX0.7 : BOOL;
16         //alle start/stopp funksjonene
17         CHOKE AT %QX1.0 : BOOL;
18         STOP AT %QX1.1 : BOOL;
19         IGNITION AT %QX1.2 : BOOL;
20         START AT %QX1.3 : BOOL;
21         //Lysdioder på styrekonsoll
22         LIGHT_GREEN_GEAR_REV AT %QX1.4 : BOOL;
23         LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR AT %QX1.5 : BOOL;
24         LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD AT %QX1.6 : BOOL;
25         LIGHT_GREEN_CELLULAR AT %QX1.7 : BOOL;
26
27
28
29         //D/I
30         //Signal fra de manuelle knappene
31         MAN_GEAR_OUT AT %IX10.0 : BOOL;

```

```
32     MAN_GEAR_IN   AT %IX10.1 : BOOL ;
33     MAN_THROTTLE_OUT AT %IX10.2 : BOOL ;
34     MAN_THROTTLE_IN AT %IX10.3 : BOOL ;
35
36
37
38     //AI-10V-modul
39     // Avlesninger som er gjort klar
40     ENG_NO_OIL   AT %IW6 : WORD ;
41     ENG_HOT     AT %IW7 : WORD ;
42     ENG_CHK_ENG AT %IW8 : WORD ;
43     ENG_LOW_OIL AT %IW9 : WORD ;
44     RPM_READBACK AT %IW10 : INT ;
45
46
47     // A/I
48     //Avlesninger fra potensiometer på gir- og pådragssylinder, samt
49     //rorutslag
50     ENGINE_POS AT %IW1 : INT ;
51     THROTTLE_POS AT %IW2 : INT ;
52     GEAR_POS AT %IW3 : INT ;
53
54     // STYRINGSVARIABLER GIR
55     //Variablene som brukes til å styre til spesifikt gir
56     SET_NEUTRAL , SET_REVERSE , SET_FORWARD : BOOL ;
57
58     //EKSTRA MONITORERING
59     //leses av til HMI som pådrag og motorposisjon
60     THROTTLE_PERCENT : INT ;
61     ENGINE_POSITION : INT ;
62
63     END_VAR
```

Variabellisten til programmet består stort sett av noen variabler som brukes lokalt I programmet, med unntak av MANUAL_CONTROL som også brukes via HMI-en

↪

1.4 POU: PLC_PRG

```
1     PROGRAM PLC_PRG
2     VAR
3
4     // Funksjoner
5         SCALE_ENGINE : LIN_TRAFO ;
6         SCALE_THROTTLE : LIN_TRAFO ;
7     //test
8         WARNING1 : BOOL ;
9     //GIRSTYRING
10        GEAR_STATE : GEAR_STATE := Idle ;
11
12    //Manuell eller pls
13        MANUELL : MAN_SYS := PLC ;
14        TEST_MAN : BOOL := TRUE ;
15        MANUAL_CONTROL : BOOL := TRUE ;
16        BUTTON_CONTROL : BOOL ;
17
18    END_VAR
19
```

```

1 //Case manuell styrer leser av om nødknapp er dyttet inn eller ikke. kan
2 bruke denne til å legge inn funksjoner
3 //som skjer automatisk når nødknappen dyttes inn.
4 CASE MANUELL OF
5     PLC :
6     //Deklareringer så variablene kan brukes
7     STOP ;
8     CHOKE ;
9     IGNITION ;
10    START ;
11    PORT ;
12    STARBOARD ;
13    TILT_UP ;
14    TILT_DOWN ;
15    THROTTLE_IN ;
16    THROTTLE_OUT ;
17
18    //Skalering av
19    SCALE_ENGINE ( IN := INT_TO_REAL ( ENGINE_POS ), IN_MIN := 0 , IN_MAX
20 := 25000 , OUT_MIN := 0 , OUT_MAX := 180 ) ;
21    SCALE_THROTTLE ( IN := INT_TO_REAL ( THROTTLE_POS ), IN_MIN := 100 ,
22 IN_MAX := 21000 , OUT_MIN := 0 , OUT_MAX := 100 ) ;
23    THROTTLE_PERCENT := REAL_TO_INT ( SCALE_THROTTLE . OUT ) ;
24    ENGINE_POSITION := REAL_TO_INT ( SCALE_ENGINE . OUT ) ;
25
26    //GEAR - programmering er lett. Må teste verdier på giret.
27    CASE GEAR_STATE OF
28    IDLE :
29        //Edring i gir-posisjon når det sendes fra HMI, via SET -
30        verdiene
31        IF SET_NEUTRAL AND NOT SET_FORWARD AND NOT SET_REVERSE
32        THEN
33            GEAR_STATE := NEUTRAL ;
34        END_IF
35        IF NOT SET_NEUTRAL AND SET_FORWARD AND NOT SET_REVERSE
36        THEN
37            GEAR_STATE := FORWARD ;
38        END_IF
39        IF NOT SET_NEUTRAL AND NOT SET_FORWARD AND SET_REVERSE
40        THEN
41            GEAR_STATE := REVERSE ;
42        END_IF
43
44    NEUTRAL :
45        // Får sylindere til å kjøre til nøytral
46        // Når sylindere bytter posisjon går all tilbakelesning av
47        gir til false
48        LIGHT_GREEN_GEAR_REV := FALSE ;
49        LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := FALSE ;
50        LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := FALSE ;
51        //øvre og nedre grense for girstyring til nøytral, er den
52        over trekker den inn, og er den under skyver den ut.
53        IF GEAR_POS > 10700 THEN
54            GEAR_IN := FALSE ;
55            GEAR_OUT := TRUE ;
56        END_IF

```

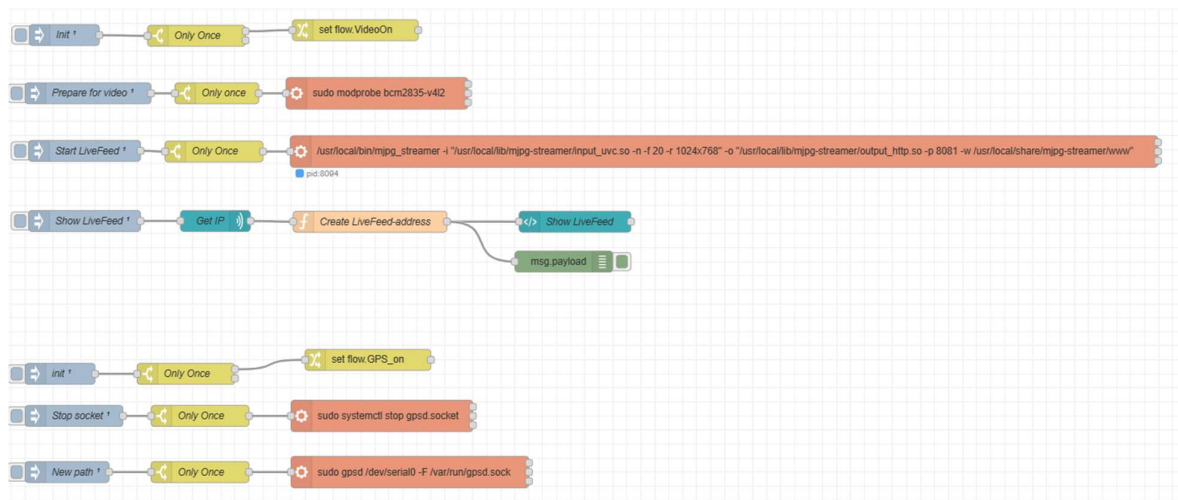
```
49         IF GEAR_POS < 5500 THEN
50             GEAR_OUT := FALSE ;
51             GEAR_IN  := TRUE  ;
52         END_IF
53         //Når giret er i riktig posisjon, som har noe slark, gir den
feedback på gir og går til idle
54         IF GEAR_POS < 10700 AND GEAR_POS > 5500 THEN
55             LIGHT_GREEN_GEAR_REV := FALSE ;
56             LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := TRUE ;
57             LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := FALSE ;
58             SET_NEUTRAL := FALSE ;
59             GEAR_OUT := FALSE ;
60             GEAR_IN := FALSE ;
61             GEAR_STATE := IDLE ;
62
63         END_IF
64     FORWARD :
65         //fungerer likt som nøytral, men med kun én verdi, ettersom
det er i en endeosisjon
66         LIGHT_GREEN_GEAR_REV := FALSE ;
67         LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := FALSE ;
68         LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := FALSE ;
69         IF GEAR_POS < 18500 THEN
70             GEAR_OUT := FALSE ;
71             GEAR_IN := TRUE ;
72         END_IF
73         IF GEAR_POS > 18500 THEN
74             LIGHT_GREEN_GEAR_REV := FALSE ;
75             LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := FALSE ;
76             LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := TRUE ;
77             SET_FORWARD := FALSE ;
78             GEAR_IN := FALSE ;
79             GEAR_OUT := FALSE ;
80             GEAR_STATE := IDLE ;
81         END_IF
82     REVERSE :
83         // Samme som de andre girene, endeosisjon
84         LIGHT_GREEN_GEAR_REV := FALSE ;
85         LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := FALSE ;
86         LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := FALSE ;
87         IF GEAR_POS > 1000 THEN
88             GEAR_OUT := TRUE ;
89             GEAR_IN := FALSE ;
90         END_IF
91         IF GEAR_POS < 1000 THEN
92             LIGHT_GREEN_GEAR_REV := TRUE ;
93             LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := FALSE ;
94             LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := FALSE ;
95             SET_REVERSE := FALSE ;
96             GEAR_IN := FALSE ;
97             GEAR_OUT := FALSE ;
98             GEAR_STATE := IDLE ;
99         END_IF
100     END_CASE
101
102     //MANUELL
```

```

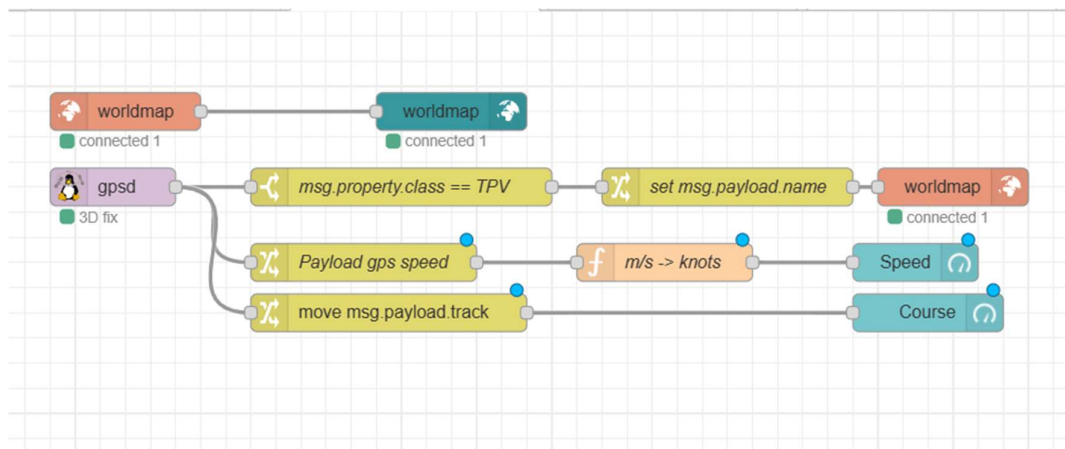
103      //styrer overgang til manuelle knapper. Når en av knappene trykkes inn
104      går styringen over til manuell
105      // MANUAL_CONTROL står standard som true, og er programmert slik fra
106      HMI, slik at man alltid kan overta manuelt
107      IF ( MAN_GEAR_OUT OR MAN_GEAR_IN OR MAN_THROTTLE_OUT OR
108      MAN_THROTTLE_IN ) AND MANUAL_CONTROL THEN
109          BUTTON_CONTROL := TRUE ;
110      END_IF
111      IF BUTTON_CONTROL THEN
112          // Girstyring og pådrag styres med manuelle knapper, og den tidlige
113          case-setningen gjelder ikke
114          GEAR_OUT := MAN_GEAR_OUT ;
115          GEAR_IN := MAN_GEAR_IN ;
116          THROTTLE_OUT := MAN_THROTTLE_OUT ;
117          THROTTLE_IN := MAN_THROTTLE_IN ;
118          // Grenseverdier som gjør at man ikke kan styre utover det wiren
119          tåler, ettersom man styrer manuelt
120          IF GEAR_POS > 18500 THEN
121              LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := TRUE ;
122              LIGHT_GREEN_GEAR_REV := FALSE ;
123              LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := FALSE ;
124              GEAR_IN := FALSE ;
125          END_IF
126          IF GEAR_POS < 10700 AND GEAR_POS > 5500 THEN
127              LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := FALSE ;
128              LIGHT_GREEN_GEAR_REV := FALSE ;
129              LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := TRUE ;
130          END_IF
131          IF GEAR_POS < 3500 THEN
132              LIGHT_GREEN_GEAR_FORWD := FALSE ;
133              LIGHT_GREEN_GEAR_REV := TRUE ;
134              LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR := FALSE ;
135              GEAR_OUT := FALSE ;
136          END_IF
137      END_IF
138      //HMI styrer MANUAL_CONTROL false slik at fjernstyringen overtar for
139      manuell styring igjen
140      IF NOT MANUAL_CONTROL THEN
141          BUTTON_CONTROL := FALSE ;
142      END_IF
143
144      //Grenser/endebrytere for pådrag og rorutslag
145      IF THROTTLE_POS < 3000 THEN
146          THROTTLE_OUT := FALSE ;
147      END_IF
148      IF THROTTLE_POS > 21000 THEN
149          THROTTLE_IN := FALSE ;
150      END_IF
151      IF ENGINE_POS < 2000 THEN
152          STARBOARD := FALSE ;
153      END_IF
154      IF ENGINE_POS > 15000 THEN
155          PORT := FALSE ;
156      END_IF
157
158      IF NOT TEST_MAN THEN
159
160          MANUELL := MANUAL ;
161      END_IF
162
163      MANUAL :
164      IF TEST_MAN AND LIGHT_GREEN_GEAR_NEUTR AND THROTTLE_POS > 20000 THEN
165          MANUELL := PLC ;
166      END_IF
167      END_CASE

```

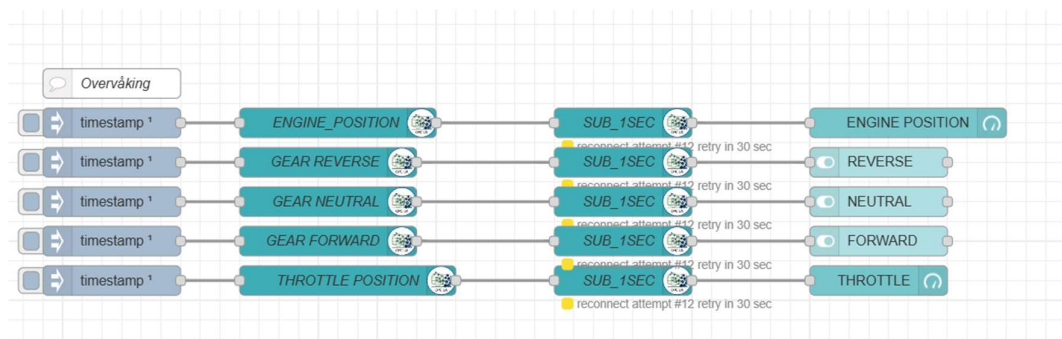
8.4 Node red vedlegg



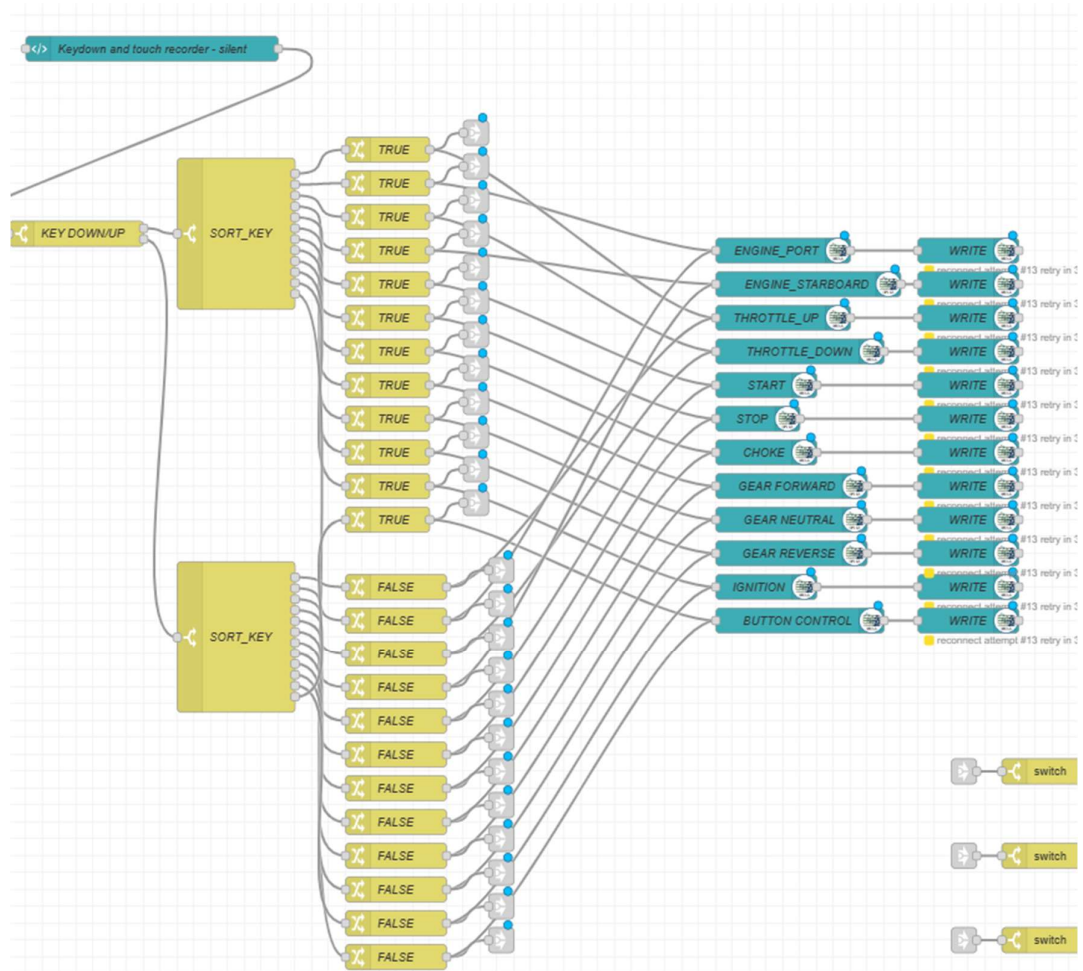
Dette er prosesser som startes ved oppstart. De første fire linjene er oppstarten av videostreamen, mens de nederste tre er omdirigering av GPS-data til riktig «socket». Dette gjøres ved at programmet kjører kommandoene én gang ved oppstart, via exec-noder (de røde nodene)



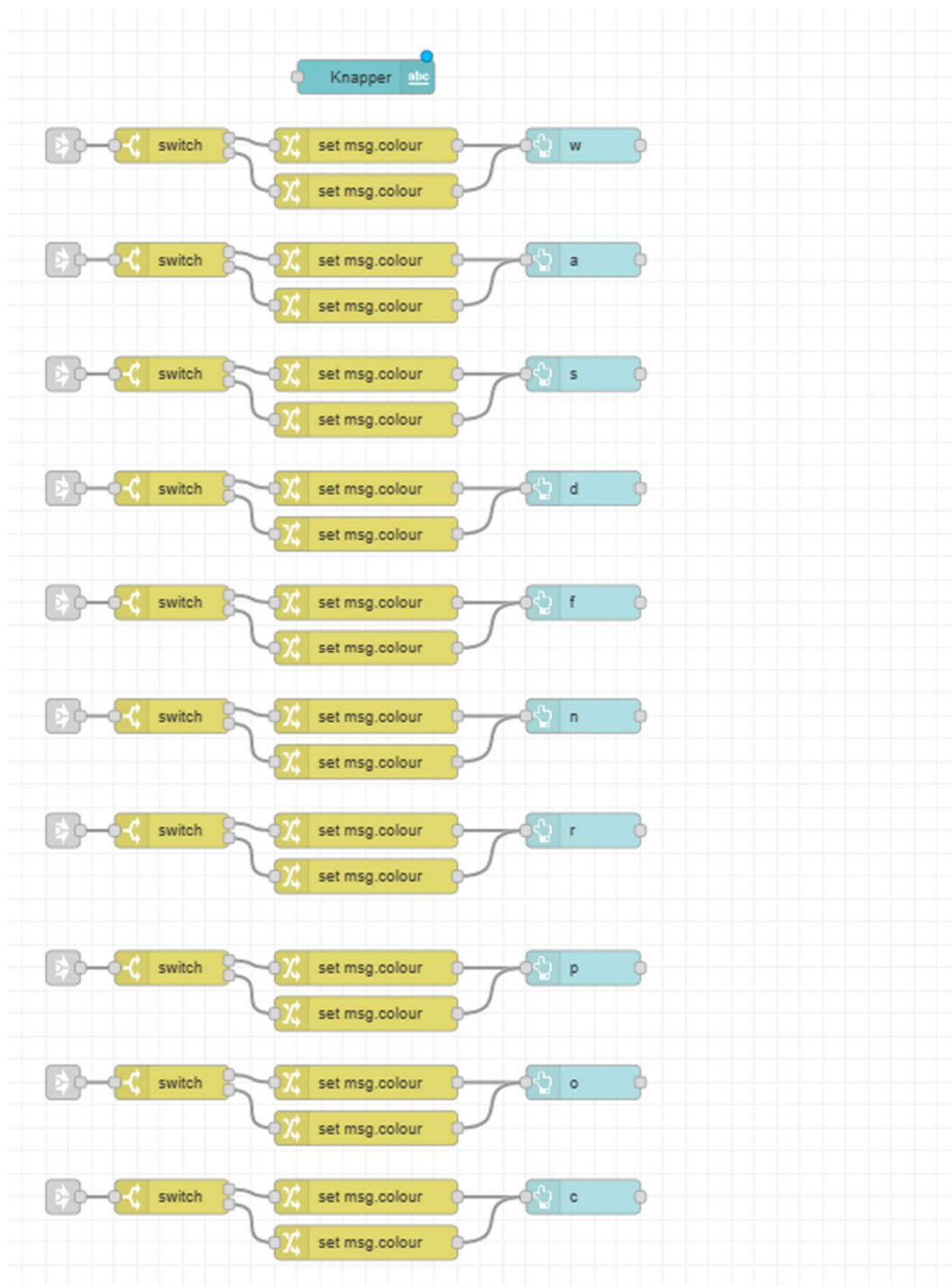
Her hentes GPS-data ut via *GPSD*. Den øverste linjen setter inn dataen i det faktiske kartet som kommer opp på brukergrensesnittet. Linjen under setter dataen inn i noden som hører sammen med den på øverste linje, og mater den den faktiske dataen. Linjene under henter ut data fra *gpsd*-pakken, skiller den fra resten og leser det av på HMI-en.



Dette er avlesning av data fra PLS-en. Den andre kolonne med noder finner veien over nettverket til den spesifikke verdien som skal leses av. SUB-nodene leser av dataen 1 gang i sekundet, og kan stilles inn på oftere avlesninger dersom man ønsker høyere oppløsning på dataen. På bildet er ikke PLS-en tilkoblet, og det står derfor «reconnect attempt». Til slutt skrives de til brukergrensesnittet, enten som ON/OFF brytere, eller som målere.



Her er programmet som overfører tastetrykk til boolske variabler. Den første blå noden er scriptet som fanger opp att det blir trykket og sluppet en generell tast. Denne er programmert via java event-handler. Change-noden etter dette skiller om tastene ble trykket eller sluppet. Deretter sorteres det etter hvilken tast, hvor data-pakken så blir satt til enten TRUE eller FALSE. Til slutt går hver respektive tast med både en TRUE og en FALSE inn i verdien de skal styre. De blå nodene fungerer relativt likt som under monitoring, med unntak av at noen skriver til verdien i stedet for å lese av.



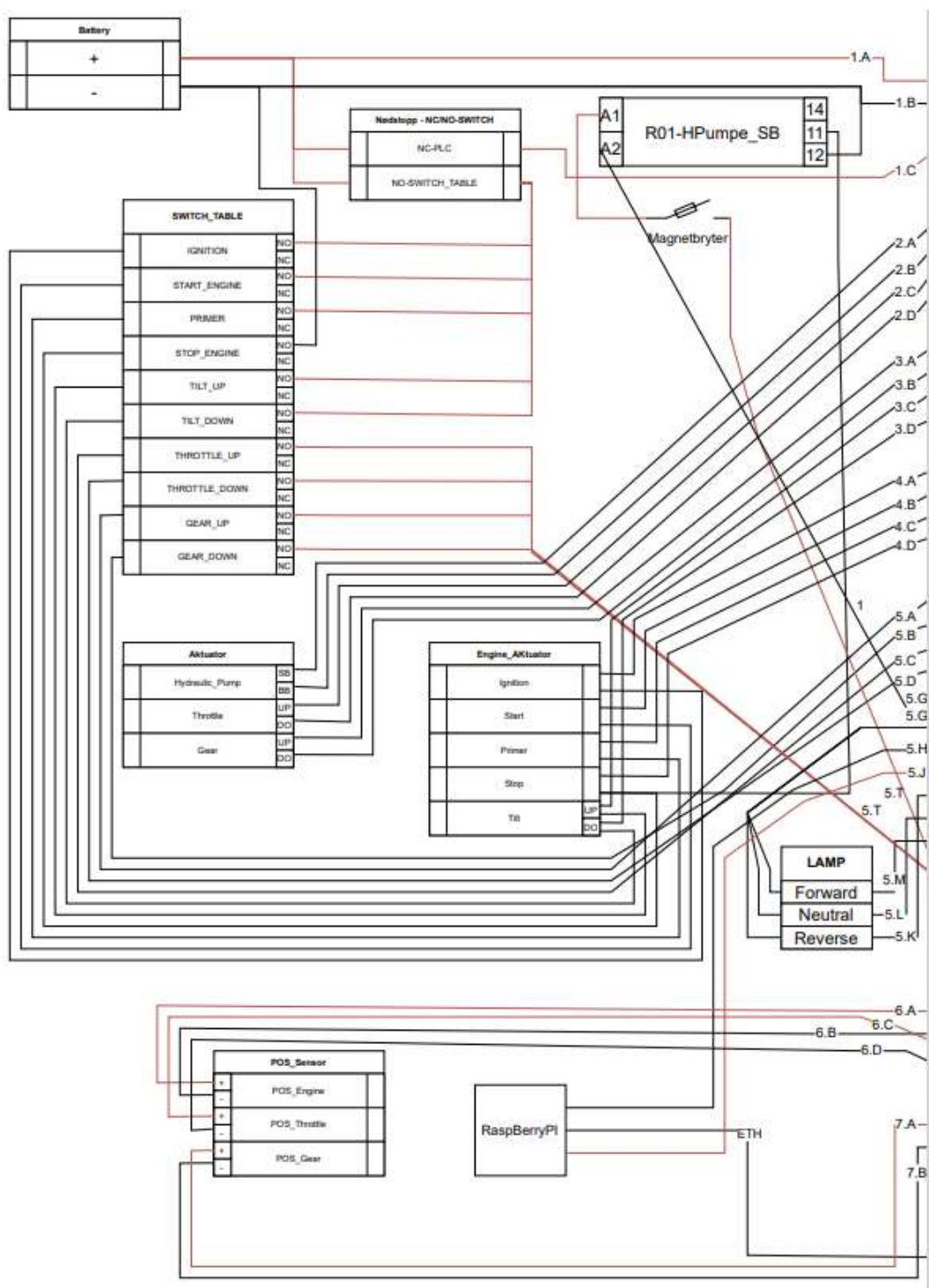
Dette er delen som gir feedback til HMI-en når en tast trykkes. Når beskjeden TRUE sendes får knappen på HMI-en en bestemt farge, som går tilbake til normalen når beskjeden FALSE sendes (tasten slippes). Det er i tillegg noen få taster til som ikke er med på bildet, men de er konfigurert helt likt.

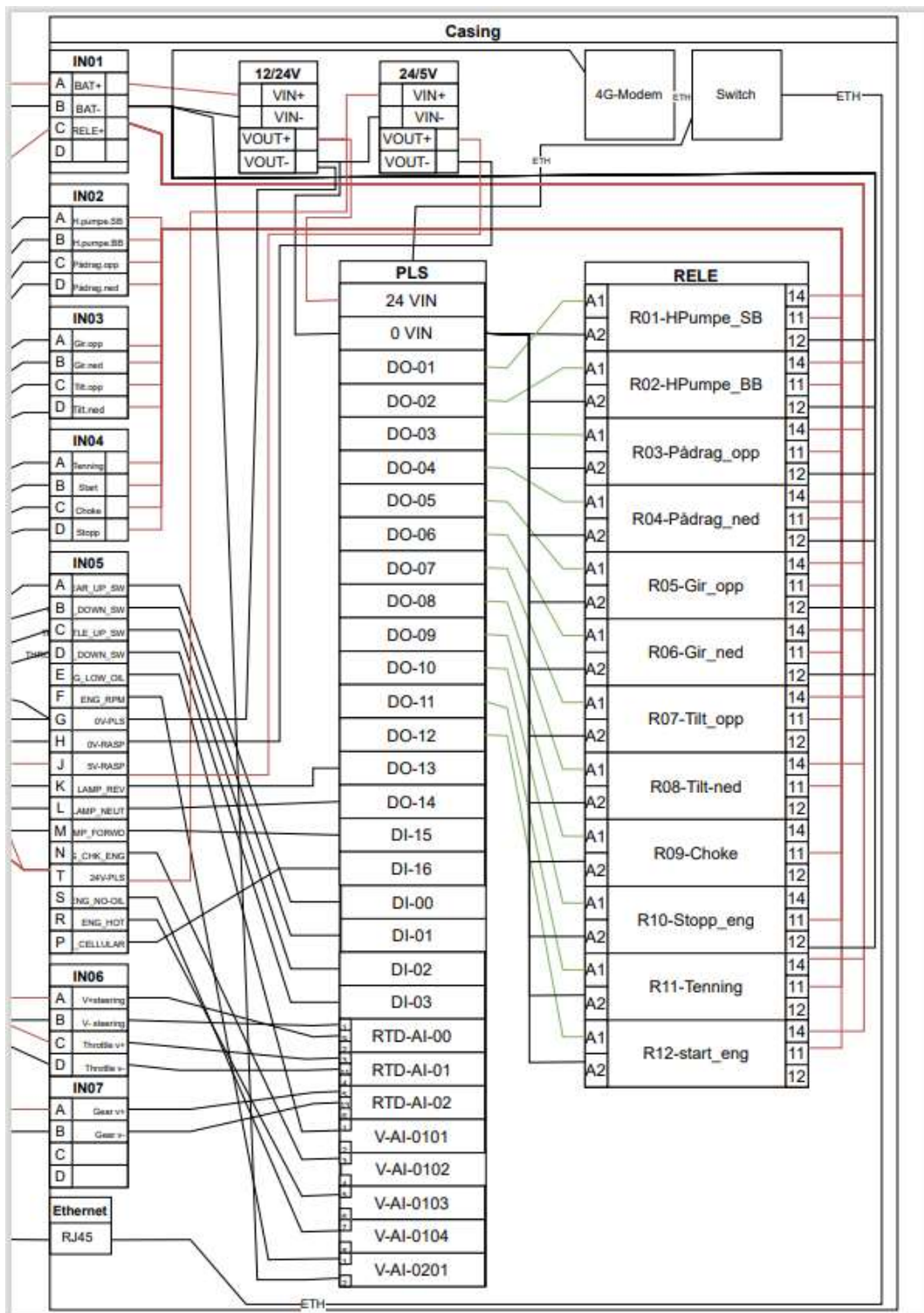
JSON-fil med script node-red



fjernstyrt_lettbåt.json

8.5 Koblingskjema





8.6 Tabell over funksjoner ved HMI

Tastefunksjoner

w	Pådrag ned, uavhengig av gir
s	Pådrag opp, uavhengig av gir
a	Styr babord
d	Styr styrbord
c	Choke
i	Ignition (tenning)
o	Off – stopper motoren
p	Power – starter motoren
r, n, f	Girer til revers, nøytral og fremover
m	Manuell kontroll, gjenopptar fjernstyring etter at manuelle knapper har blitt brukt

Avlesning

Speed	Avlesning fra GPS-data, konvertert fra m/s til knop
Throttle	Avlesning fra PLS, hvor langt sylindren har dratt pådraget.
Course	Avlesning fra GPS-data, kommer med retningsvektor når man er i bevegelse, og retning i grader
Engine Position	Avlesning via PLS, ror-utslaget til motoren, fra 0-180. Gjenspeiler ikke realistisk utslag med 0-180, men 0 er minste og 180 er største utslag
Map	Kart i sort-hvit. Posisjon plassert på kart med GPS-data
Kamera	Livefeed fra kamera